

**Universitat de Lleida**

*Efectividad del ejercicio excéntrico en la prevención de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas adultos amateur: Ensayo clínico aleatorizado.*

María Monesma Sánchez

**Facultad de Enfermería y Fisioterapia**

*Grado en Fisioterapia*

*Tutora: Carolina Climent Sanz*

*Trabajo final de grado*

*Proyecto de investigación*

Curso 2015/16

*20 de mayo del 2016*

## ÍNDICE

---

Lista de tablas.....	Pág. 4
Lista de figuras.....	Pág. 5
Lista de abreviaturas.....	Pág. 6
Resumen.....	Pág. 7
Abstract.....	Pág. 8
1. Introducción.....	Pág. 9
1.1. La lesión deportiva.....	Pág. 9
1.2. Epidemiología.....	Pág. 9
1.3. Recordatorio anatómico.....	Pág. 10
1.4. Síndrome del pinzamiento del hombro y lesiones del manguito de los rotadores.....	Pág. 12
1.5. Factores de riesgo.....	Pág. 13
1.6. Mecanismo de lesión.....	Pág. 13
1.6.1. Saque de tenis.....	Pág. 15
1.7. Prevención.....	Pág. 16
1.8. Rol del fisioterapeuta en la prevención de lesiones deportivas.....	Pág. 16
1.8.1. Ejercicio excéntrico. ....	Pág. 17
1.9. Justificación.....	Pág. 19
2. Hipótesis.....	Pág. 19
3. Objetivos.....	Pág. 20
3.1. Objetivo general.....	Pág. 20
3.2. Objetivos específicos.....	Pág. 20
4. Metodología.....	Pág. 20
4.1. Tipo de diseño.....	Pág. 20
4.2. Sujetos de estudio.....	Pág. 22
4.3. Variables de estudio.....	Pág. 24
4.4. Recogida de datos.....	Pág. 26
4.5. Generalización y aplicabilidad.....	Pág. 28
4.6. Análisis estadístico.....	Pág. 28
4.7. Plan de intervención.....	Pág. 29
5. Calendario previsto .....	Pág. 34
6. Limitaciones y posibles sesgos.....	Pág. 37
7. Problemas éticos.....	Pág. 39

8. Organización del estudio.....	Pág. 39
9. Presupuesto.....	Pág. 40
10. Bibliografía.....	Pág. 43
11. Anexos.....	Pág. 49
Anexo 1. Modelo multifactorial de la lesión deportiva.....	Pág. 49
Anexo 2. Encuesta inicial de los participantes.....	Pág. 49
Anexo 3. Consentimiento informado.....	Pág. 52

## LISTA DE TABLAS

---

Tabla 1. Incidencia y prevalencia según región.....	Pág. 9
---	--------

## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1. Musculatura del manguito de los rotadores.....	Pág. 11
Figura 2. Modelo de estabilidad funcional, integrando el rol de la fatiga.....	Pág. 14
Figura 3. Movimiento del tren superior durante las fases del saque.....	Pág. 16
Figura 4. Estructura de un ensayo clínico aleatorizado.....	Pág. 22
Figura 5. Resistencias manuales.....	Pág. 31
Figura 6. Fortalecimiento con peso.....	Pág. 31
Figura 7. Estabilizaciones rítmicas.....	Pág. 32
Figura 8. Abdominal sobre fitball con pase.....	Pág. 32
Figura 9. Plancha lateral.....	Pág. 32
Figura 10. Ejercicio excéntrico en diagonal.....	Pág. 33

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

ROM: Rango de movilidad.

ATP: Adenosín trifosfato.

ECA: Ensayo Clínico Aleatorizado.

IMC: Índice de Masa Corporal.

## RESUMEN

---

**Pregunta clínica de investigación:** ¿Es más eficaz realizar un trabajo de excéntricos de la musculatura rotadora de hombro junto con un programa preventivo, que el programa preventivo por sí sólo, para prevenir las lesiones del manguito de los rotadores en tenistas adultos de nivel amateur?

**Objetivos:** Evaluar la efectividad de un programa de ejercicios excéntricos en la musculatura rotadora del hombro junto con un programa convencional para la prevención de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas adultos de nivel amateur en Aragón.

**Metodología:** Se llevará a cabo un estudio experimental de tipo ensayo clínico aleatorizado controlado con doble ciego. Se realizará durante el periodo comprendido entre 2016 y 2018. La muestra estará compuesta por tenistas adultos nivel amateur de Aragón y contará con 97 participantes. Se realizarán dos grupos: experimental y control. Cada participante será asignado a uno de los dos grupos de forma aleatoria. El grupo control realizará un programa preventivo convencional; mientras que el grupo experimental recibirá este mismo programa preventivo junto con la actividad excéntrica de los rotadores externos de hombro. La intervención tendrá una duración de 12 semanas y se llevarán a cabo 4 valoraciones: una al inicio, otra a las 12 semanas, a los 6 meses y, finalmente, a los 12 meses.

**Palabras clave:** Tenis, prevención, lesión deportiva, fisioterapia, excéntrico, manguito de los rotadores, tendinopatía.

## ABSTRACT

---

**Clinical question:** Is conventional prevention program with eccentric exercise of shoulder rotators more effective than only the conventional prevention program in the prevention of rotator cuff injuries in amateur adult tennis players?

**Objective:** To evaluate the effectiveness of conventional prevention program with eccentric exercise of shoulder rotators in order to prevent rotator cuff injuries in amateur adult tennis players in Aragón.

**Methods:** An experimental, randomized, controlled and double-blind trial will be held. The study will be conducted from 2016 to 2018. The sample will consist on amateur adult tennis players of Aragon and it will take part 97 participants. Two groups will be made: experimental and control. Each subject will be randomly assigned to the experimental or the control group. The experimental group will receive a conventional prevention program with eccentric exercise of shoulder rotator. The control group will receive the conventional prevention program. The duration of the intervention program will be 12 weeks. Measurements will be taken in the beginning, after 12 weeks, 6 months and, finally, after 12 months.

**Key Words:** tennis, prevention, sport injury, physiotherapy, eccentric, rotator cuff, tendinopathy.



## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. La lesión deportiva**

Las lesiones deportivas conllevan a la ausencia en la práctica deportiva; pudiendo desencadenar en consecuencias socioeconómicas importantes, tanto a nivel social como personal. Por ello, desarrollar un programa de medidas preventivas en el deporte puede suponer un gran avance (1).

Aproximadamente un 40% de los deportistas sufren algún tipo de lesión provocando una baja deportiva temporal que requiere un tratamiento adecuado con un abordaje interdisciplinar y de especificidad profesional para que recuperen el máximo rendimiento deportivo (2, 3).

### **1.2 Epidemiología**

En el tenis, según estudios epidemiológicos, la extremidad inferior es la más lesionada (31-67%), seguido por las lesiones de extremidad superior (20-49%) y finalmente de tronco (3-21%). En la extremidad inferior las zonas más lesionadas son el tobillo y el muslo; mientras que en la extremidad superior corresponden al hombro y al codo. Por otro lado, las lesiones de la zona lumbar son las más habituales en el tronco (5).

Estudios epidemiológicos muestran que aproximadamente el 50% de los tenistas han padecido alguna vez en su carrera deportiva dolor de hombro (4,5). Las lesiones más comunes de la extremidad superior son la lesión del manguito de los rotadores, pinzamiento del hombro, desgarros del labrum superior y la epicondilitis de codo (5).

Región	Incidencia por 100 atletas	Prevalencia por 100 atletas
<b>Pie</b>	1,1	2,1
<b>Tobillo</b>	0,7	2,4
<b>Pierna</b>	0,2	0,7
<b>Rodilla</b>	1,9	1,3
<b>Muslo</b>	1,9	2,6
<b>Cadera</b>	0,8	1,3
<b>Total EI</b>	4,9	10,3
<b>Cabeza/Cuello</b>	0,7	0,8
<b>Espalda</b>	1,2	3,4
<b>Abdomen</b>	0,3	0,6
<b>Ingle</b>	0,2	0,4
<b>Total central</b>	2,4	5,2
<b>Mano</b>	0,8	0,9
<b>Muñeca</b>	0,2	0,8
<b>Hombro</b>	0,9	2,5

<b>Codo/Antebrazo</b>	0,8	1,4
<b>Total ES</b>	2,5	5,6
<b>Total lesiones</b>	9,9	21,1

Tabla 1. Incidencia y prevalencia según región. Adaptado de Hutchinson et al (4)

Se estima que la tasa de incidencia de lesiones en el tenis es de aproximadamente 21,5 lesiones cada 1000 horas de práctica deportiva donde el manguito de los rotadores tiene un papel importante debido a la gran demanda de los movimientos de hombro (6).

En este trabajo nos centraremos en las lesiones del manguito de los rotadores por su alta prevalencia en el mundo del tenis y, de este modo, evaluaremos nuevos métodos de prevención.

### **1.3 Recordatorio anatómico**

El hombro consiste en un complejo formado por 4 articulaciones que funcionan de manera coordinada, precisa y sincrónica. Estas articulaciones son: esternoclavicular, acromioclavicular, glenohumeral y escapulotorácica. Por tanto, el sistema óseo está conformado por húmero, clavícula y escápula junto con los elementos estabilizadores estáticos (labrum, cápsula y ligamentos) y los estabilizadores dinámicos (manguitos de los rotadores, deltoides y estabilizadores escapulares) (7, 8, 9).

Se trata de la articulación más móvil de todo el cuerpo humano. Los movimientos del hombro representan una compleja relación entre las fuerzas musculares, ligamentos y huesos articulares (7, 8). Este amplio rango de movimiento permite a los atletas la capacidad de participar en una gran variedad de actividades deportivas. Sin embargo, esta condición no exenta al deportista de riesgos (8).

La articulación glenohumeral tiene gran importancia en las lesiones del manguito de los rotadores ya que los tendones de esta musculatura se insertan en las prominencias óseas del cuello del húmero (tubérculo mayor y tubérculo menor) (10).

### **Articulación glenohumeral**

Se trata de una articulación de tipo enartrosis (9). La arquitectura ósea está constituida por un gran articulador como la cabeza humeral junto con una pequeña superficie glenoidea. Solo un 25-30% de la cabeza humeral está en contacto con la fosa glenoidea. De esta manera, la estabilidad articular depende en gran medida de la función de los ligamentos y músculos estabilizadores (7,8).

### **Estabilizadores dinámicos: manguito de los rotadores**

Se trata de la musculatura estabilizadora de hombro, principalmente formada por el manguito de los rotadores. Está compuesto por los músculos subescapular, supraespinoso, infraespinoso y redondo

menor (10). La contracción de sus fibras musculares crea una serie de fuerzas que estabilizan la cabeza del húmero en la cavidad glenoidea (11). Permiten la rotación del hombro y de ahí reciben su nombre (12). Actúan también como depresores de la cabeza humeral en posición de abducción (10).

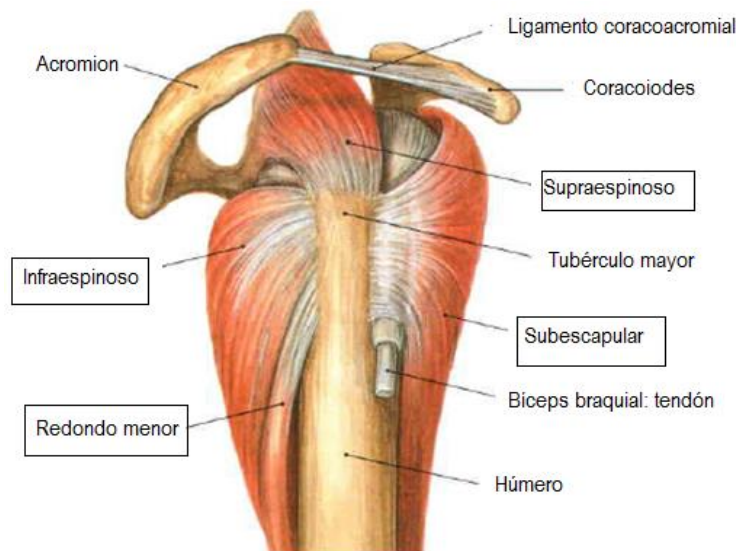


Figura 1. Manguito de los rotadores (13)

La cabeza larga del bíceps debe también considerarse en este grupo ya que funciona íntimamente relacionado con el manguito de los rotadores como depresor de la cabeza humeral (8).

### Estabilizadores estáticos

Son el labrum, la cápsula y los ligamentos (7). Los ligamentos glenohumerales son tres engrosamientos capsulares (superior, medio e inferior) que estabilizan la articulación en la rotación externa de la cabeza humeral (10). Así, actúan impidiendo la subluxación de hombro hacia inferior actuando principalmente en posición de abducción de hombro (10).

La cápsula articular es laxa y delgada y se encuentra adherida a los ligamentos. Así, las estructuras capsuloligamentosas se tensan y estiran durante la rotación con el fin de limitar la traslación (8).

Finalmente, el labrum glenoideo consiste en un tejido fibrocartilaginoso que recubre el margen de la fosa glenoidea. Actúa como protector de los bordes de los huesos, asiste en la lubricación de la articulación, aumenta la superficie de contacto y profundiza la cavidad articular (7).

### Biomecánica del hombro

Los movimientos del hombro involucran a todos los huesos, donde el húmero es el protagonista (14). La flexión y abducción se consigue gracias a un movimiento coordinado y simultáneo de la escápula y

el húmero, permitiendo alcanzar los 180° en ambas (11). La abducción activa del hombro necesita, a partir de los 90°, una rotación externa de húmero que permita al troquíter pasar bajo el acromion (15).

La movilidad de esta articulación se consigue gracias a la acción sinérgica del deltoides junto con el manguito. De esta manera, el deltoides actúa como palanca del movimiento, elevando la cabeza del húmero; mientras que el manguito de los rotadores deprime y estabiliza la cabeza humeral, comprimiéndola hacia la cavidad glenoidea (11). Si el proceso de depresión de la cabeza del húmero no se produce, la abducción no puede realizarse ya que el húmero no podría pasar bajo el arco acromioclavicular (15). Gracias a la acción depresora del manguito de los rotadores se aumenta la congruencia mecánica articular y se disminuye el posible pinzamiento subacromial resultante (11).

#### **1.4. Síndrome del pinzamiento del hombro y lesiones del manguito de los rotadores**

Ya en 1972, Neer popularizó la idea de que el síndrome del manguito de los rotadores se desarrolla de forma secundaria a un desgaste del manguito de los rotadores bajo el arco coracoclavicular (16). El 95% de los casos de lesión del manguito de los rotadores implica a la musculatura supraespinosa (ya sea sola o junto al resto de músculos que conforman el manguito) (12).

Los avances en anatomía y el estudio biomecánico del cuerpo humano han conducido a la identificación de diversas causas que provoquen una patología en el manguito de los rotadores, incluyendo la inestabilidad, el pinzamiento y la sobrecarga intrínseca del tendón (17).

En el mundo del tenis, el pinzamiento interno es el más relevante. Este tipo de pinzamiento se produce en atletas jóvenes cuando el hombro se sitúa a 90° de abducción y 90° de rotación externa, causando una rotación posterior de los tendones del supraespinoso e infraespinoso. Esta posición más posterior de los tendones conlleva a que friccionen con el labio glenoideo posterosuperior, y su consecuente compresión con la cabeza humeral (17).

Neer dividió la lesión de los tendones del manguito de los rotadores en tres estadios (12):

- Estadio I: Se produce edema y hemorragia y es típico en deportistas menores de 25 años que requieren movimientos de hombro por encima de la cabeza.
- Estadio II: Se produce fibrosis (tendinosis) y generalmente ocurre en personas entre los 25 y 40 años. Se produce un engrosamiento de los tejidos blandos subacromiales produciendo dolor recurrente de hombro.
- Estadio III: Se evidencia un desgarramiento del tendón, provocando una insuficiencia progresiva de la función motora del hombro. Es más común en pacientes mayores de 40 años.

### **1.5 Factores de riesgo**

Los factores de riesgo se han dividido tradicionalmente en dos grupos: intrínsecos o extrínsecos. En cambio, Bahr et al (19), prefieren dividirlos en factores modificables y no modificables. De esta manera, los factores modificables son los que deben ser altamente analizados. Estos factores son los desarrollados en el entrenamiento físico (fuerza, estabilidad, flexibilidad...) y el enfoque conductual de la propia persona. Además, existen factores externos que pueden predisponer a la lesión; tales como equipamientos, acciones de los rivales, ambientales... Por tanto, las lesiones deportivas deben entenderse como una interacción compleja de múltiples factores de riesgo y situaciones de juego (19).

Así, el origen de la lesión es un proceso multifactorial, en el que se incluyen variables físicas, psicológicas y sociales del deportista. Los aspectos psicológicos y la vulnerabilidad ponen en riesgo al jugador a sufrir una lesión (3).

Se ha demostrado que los factores de riesgo que pueden desencadenar lesiones de hombro en tenistas son los siguientes: movimientos repetitivos, fatiga muscular, discinesia escapular, debilidad en el manguito de los rotadores, déficit de rotación interna glenohumeral (20), desbalances musculares, estabilidad alterada (21), rigidez torácica e hipercifosis, inestabilidad del CORE, déficits de movilidad y fuerza en la cadera, la edad y el nivel y volumen de juego (22).

Las altas cargas y fuerzas producidas por el complejo del hombro durante los servicios y golpeos en el tenis constituyen un factor de mayor riesgo de lesión en dicha estructura (20). Así, las lesiones pueden ocurrir como respuesta a una actividad repetitiva o por una carga demasiado elevada que cause un estrés en la musculatura (7). Además, la rotación interna durante los golpeos por encima de la cabeza contribuye a generar una laxitud de la cápsula articular del hombro y de su musculatura, pudiendo provocar la lesión por sobrecarga (4).

Por otro lado, Harvie et al (23) demostraron en su estudio que existe una susceptibilidad genética importante en el desarrollo de desgarros del manguito de los rotadores. Así, los hermanos tenían más del doble de riesgo a desarrollar la lesión y casi cinco veces el riesgo de experimentar síntomas.

### **1.6 Mecanismo de lesión**

La alta demanda que presenta el tenis en el lado dominante es una de las principales causas de lesión junto con la descompensación entre la musculatura agonista-antagonista (24). Los atletas que asumen de forma habitual una posición del brazo por encima de la cabeza, es decir, rotación externa máxima del húmero con abducción y elevación del hombro, son vulnerables a sufrir pinzamientos internos

producidos por una inestabilidad de la articulación glenohumeral, el uso excesivo o la fatiga de la musculatura (25).

El tenis moderno se caracteriza por la gran cantidad de drives y reveses durante el partido. Esta condición requiere de una fuerte rotación interna concéntrica del hombro para generar potencia, provocando desequilibrios musculares entre rotadores internos y externos (1). Chander et al. (26) sugieren que los desequilibrios musculares se incrementan con la fatiga (27,28).

El sistema sensoriomotor es el responsable de mantener la estabilidad articular (29). La fatiga se considera como la pérdida de la capacidad de generar fuerza de un músculo provocada por el ejercicio. En el tenis, provoca cambios en la locomoción, en la técnica y en el rendimiento cognitivo, en el ritmo cardíaco y respiratorio, y la liberación de desechos metabólicos de las fibras musculares (27). Además, se produce una alteración en la recogida de información sensorial desde el sistema propioceptivo (28). Por tanto, la fatiga parece obstaculizar la función del sistema sensoriomotor, aumentando el riesgo de lesión (29).

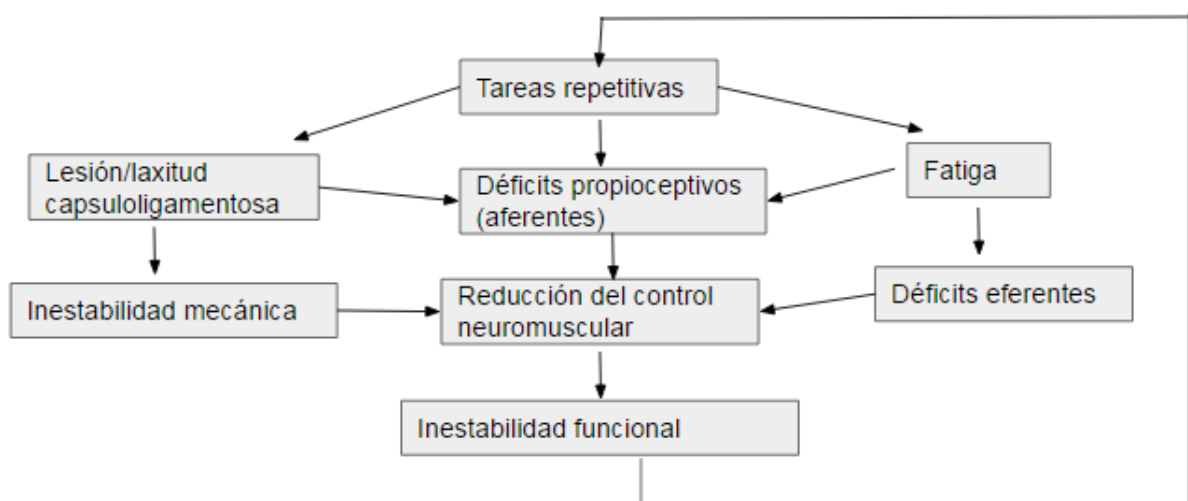


Figura 2. Modelo de estabilidad funcional, integrando el rol de la fatiga. Adaptado de Brady et al (29)

Los mecanismos de la fatiga muscular son principalmente aquellos que limitan la obtención de energía a partir de los fosfágenos, es decir, la disminución del ATP y la disminución de la fosfocreatina. Una reducción del ATP impide la unión entre la actina y la miosina, por lo que dificulta la contracción muscular. Una disminución de la fosfocreatina desarrolla una disminución del ATP, dificultando así la contracción muscular. A su vez, la deshidratación se considera un posible factor de fatiga (30).

Para contrarrestar los efectos del sobreuso muscular en los movimientos repetitivos y el carácter asimétrico y la fatiga, es importante realizar un programa fortalecedor de la musculatura sobreexigida

(rotadores internos) junto con la musculatura antagonista (rotadores externos) y contralateral (18). Los rotadores externos se encargan de frenar la finalización del golpeo, pudiendo verse debilitados y aumentando la amplitud de movimiento, creando una inestabilidad. En cambio, los rotadores internos ejecutan la acción explosiva del servicio, sobrecargándose y reduciendo su flexibilidad (18).

Es decir, los rotadores externos realizan la fase excéntrica de manera que, en condiciones saludables, se encargan de absorber toda la energía del brazo y ralentizar el movimiento de rotación interna. Si el atleta pierde esta capacidad, la energía del brazo es absorbida por la parte inferior y posterior de la cápsula articular y predispone a los tenistas a sufrir lesiones del manguito (31).

Otra teoría generalizada es que la lesión del manguito de los rotadores se asocia con una escápula en protracción, frecuente en este tipo de atletas (32). Esta protracción se acompaña de una inclinación anterior de la escápula provocando la disminución del espacio subacromial y desencadenando en el choque del manguito con el acromion (33).

#### **1.6.1. Saque de tenis**

El saque de tenis necesita movimientos rápidos de la extremidad superior para conseguir una mayor altura de la raqueta y así aumentar la velocidad de la pelota. Para ello una óptima flexibilidad, fuerza y coordinación neuromuscular son requisitos necesarios (20).

Las alteraciones en la biomecánica de hombro durante la fase de desaceleración del saque de tenis provocan tirantez posterior y aumentan la disfunción y posibilidad de lesión. Esta opresión posterior del hombro conduce a cambios en el eje de rotación de la cabeza del húmero sobre la cavidad glenoidea provocando una alteración en el ROM del atleta (31).

El saque en tenis se divide en tres fases: preparación, aceleración y acompañamiento (34). Cada fase refleja una acción dinámica diferente. Así, se almacena energía durante la fase de preparación, se libera durante la aceleración y se desacelera durante el acompañamiento (35).

La fase de acompañamiento es la que tiene más relevancia en cuanto a la posibilidad de lesión (31). Consiste en la desaceleración gradual y no brusca (34) y es el momento más violento del servicio.

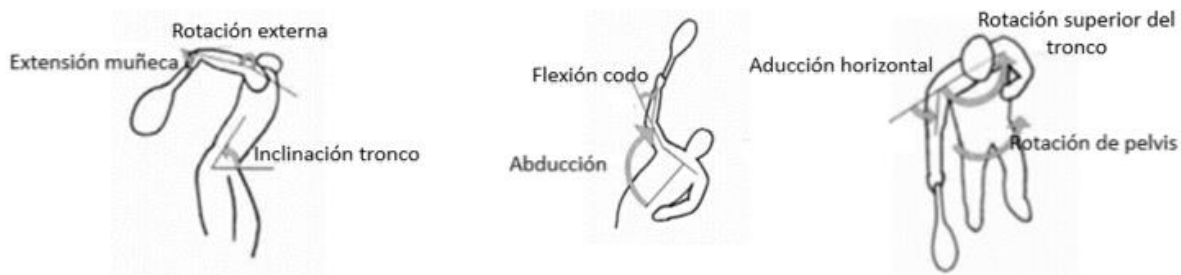


Figura 3. Movimiento del tren superior durante las fases del saque (34)

### **1.7. Prevención en el tenis**

Los jugadores de tenis presentan desequilibrios musculares en relación a la fuerza de los rotadores, provocando una alteración del ratio entre los músculos del manguito (22). Debido al alto riesgo de lesión de hombro inducido por un desequilibrio muscular, los programas de fortalecimiento temprano mediante ejercicio excéntrico están destinados para la prevención de lesiones (36).

El rendimiento en tenistas requiere un balance entre las estructuras estáticas y dinámicas del hombro con el fin de mantener la estabilidad funcional. Para lograr esta condición es necesario un entrenamiento de fuerza y resistencia muscular, una adecuada flexibilidad, un control neuromuscular eficiente (37) y una buena movilidad de la escápula (22).

### **1.8. Rol del fisioterapeuta en la prevención de lesiones deportivas**

En el mundo del tenis encontramos diversos factores a tener en cuenta que predisponen a la lesión de hombro: déficit de rotación interna glenohumeral, desequilibrio en la fuerza del manguito de los rotadores (en particular déficits en la fuerza de rotadores externos), discinesia escapular, rigidez torácica, hipercifosis, inestabilidad del CORE, rigidez posterior del hombro, disminución del ROM de la cadera y déficits de fuerza (22).

Respecto al rango de movimiento glenohumeral, se aconseja que las diferencias laterales en la rotación interna sean menores a 18°, y la diferencia en el rango total sea inferior a 5° (22). Hutchinson et al (4) detectaron en su estudio una disminución de la flexibilidad en la rotación interna de hombro; por lo que un régimen de estiramiento de esta musculatura está aconsejado.

En cuanto a los desequilibrios musculares entre rotadores externos e internos, se enfatiza la importancia de un programa de fortalecimiento (4). En particular, se aconseja el uso del ejercicio excéntrico en la musculatura rotadora externa debido a su acción desaceleradora durante el servicio. Para ello, los ejercicios se focalizarán en las siguientes tres áreas (22):



- Ejercicios que acentúen la fase excéntrica y eviten la concéntrica.
- Ejercicios lentos de máxima fuerza junto con ejercicios rápidos para mejorar la resistencia y fuerza pliométrica respectivamente.
- Ejercicios que destaquen por el ciclo estiramiento-acortamiento.

Además, la excesiva carga mecánica produce una degeneración del tendón. El ejercicio excéntrico se sugiere como una herramienta para combatir esa degeneración gracias al concepto de mecanotransducción y a la adecuada dosis de carga. Por ello, el entrenamiento excéntrico se considera un ambicioso enfoque en el tratamiento y prevención de las tendinopatías (40).

La discinesia escapular suele ser un patrón de movimiento adaptado al deporte. Esta asimetría puede desencadenar en una lesión del miembro superior (22). Para ello, se debe realizar un trabajo de estabilización dinámica y control neuromuscular del hombro. Este trabajo implica la acción eferente (motor) y aferente (sensorial). Por tanto, la fuerza escapular junto con su estabilidad juegan un papel importante en la prevención (21). Así, mediante ejercicios en cadena cinética cerrada en posición de carga estimularemos los receptores y facilitaremos la co-contracción de la musculatura. Estos ejercicios consisten en estabilizaciones rítmicas, control neuromuscular reactivo y ejercicios pliométricos (21).

Por otro lado, el trabajo del CORE mediante ejercicios de estabilidad central están relacionados con la prevención de lesiones (41), ya que mejoran la transferencia de energía cinética y estabilizan el miembro superior (21).

### **1.8.1. Ejercicio excéntrico.**

El ejercicio excéntrico consiste en la contracción del músculo para controlar o frenar una carga mientras el músculo y el tendón se estiran o permanecen estirados. Es decir, se trata de la activación muscular durante el estiramiento (40,43). Esto ocurre, cuando la resistencia supera la fuerza producida por el propio músculo (44).

En el deporte, los movimientos se caracterizan por una combinación de acciones concéntricas y excéntricas. Durante el trabajo en excéntrico el tendón es estirado y absorbe energía mecánica. Ésta se disipa en forma de calor, pero en ocasiones es almacenada como energía elástica aprovechada para realizar contracciones concéntricas inmediatas (44).

Este tipo de ejercicio se rige en 3 principios (40):

- Longitud del tendón: La longitud del tendón aumenta cuando éste se encuentra pre-estirado y realiza menos tensión durante el movimiento.

- Carga: La fuerza del tendón aumenta con cargas mayores.
- Velocidad: cuanto mayor velocidad de contracción se realice, mayor fuerza se desarrollará.

Así, tanto la carga, la velocidad, la intensidad y la frecuencia de las contracciones serán las variables que establecerán nuestro programa de prevención. La literatura recomienda realizar 3 series de 15 repeticiones, 1 o 2 veces al día (45, 46).

Los ejercicios excéntricos exponen al tendón a una carga mayor en comparación con los concéntricos. Por ello, son un buen mecanismo para fortalecer el tendón. Durante la contracción excéntrica se producen oscilaciones de alta frecuencia en la fuerza del tendón. Estas fluctuaciones podrían explicar el efecto remodelador del tendón (40).

Durante la actividad excéntrica se requiere menor energía que en la concéntrica. Esto se debe a que la necesidad de descomposición de moléculas de ATP y la producción de calor se ralentizan. Además, el trabajo excéntrico muestra las siguientes características, en comparación con el concéntrico (46):

- 1) Se requiere menor actividad muscular para mantener la misma fuerza.
- 2) Se necesitan menos fibras musculares para ejercer una fuerza determinada.
- 3) Se produce una reducción en la absorción de oxígeno.

En excéntrico conseguimos sobrecargar al sistema muscular con un coste muy bajo de energía e induce a la activación de patrones musculares distintos. Por este motivo, el entrenamiento excéntrico es un interesante complemento en el fortalecimiento y acondicionamiento con el fin de mejorar el rendimiento y la prevención (44).

Además, el ejercicio excéntrico parece ser beneficioso ya que normaliza el flujo sanguíneo del paratendón, mejora la histología y morfología del tendón y, más importante, reduce los síntomas clínicos de la tendinosis (43). Produce una reducción de volumen del tendón y la señal intratendinosa, hechos correlacionados con la mejora del dolor y la mejora subjetiva del rendimiento. Además, aumenta la síntesis de colágeno tipo I ofreciendo otra explicación de la curación del tendón (46).

Se ha demostrado que el ejercicio excéntrico acelera y optimiza la máxima fuerza muscular, el desarrollo de la energía, la longitud muscular óptima para el desarrollo de la fuerza y la coordinación y la adaptación muscular y neuronal (44).

Sin embargo, los efectos a corto plazo producidos por la actividad excéntrica no son siempre positivos. Así, se produce una reducción de la fuerza isométrica máxima y el rango de movimiento junto con la aparición del dolor muscular de aparición tardía (agujetas) y rigidez. A largo plazo estas debilidades se

reducen y se produce una mayor recuperación del dolor muscular, disminuye la expresión de pro-inflamadores, recuperación del Peak Torque más rápido y disminución de la fatiga (47).

### **1.9. Justificación: Importancia, relevancia clínica**

Un programa integral diseñado para tenistas es necesario para evitar lesiones y poder maximizar el rendimiento deportivo (21). Se ha demostrado que el ejercicio excéntrico es efectivo en tendinopatías rotulianas y Aquileas (40). Actualmente, el entrenamiento excéntrico se incluye en los programas de tratamiento y está considerado como un principio de peso en la rehabilitación (40).

Por tanto, para asegurarnos una correcta protección articular del hombro durante la práctica deportiva, los atletas requieren una adecuada relación de resistencia entre los rotadores internos del hombro y los externos (6).

En definitiva, la fuerza excéntrica ejercida por los rotadores externos es de interés en el concepto de prevención de lesiones. Esta musculatura actúa como desaceleradora durante el golpeo, servicio o *smash* (remate) en el tenis (22). Además, existen estudios que demuestran que el ejercicio de fortalecimiento excéntrico mejora el dolor y la función en pacientes con síndrome del manguito de los rotadores (48,49), pero todavía se necesitan más estudios (49).

Niederbracht et al (36), demostraron en su estudio que el uso de programas de entrenamiento de fortalecimiento de hombro junto con entrenamientos preventivos consiguen disminuir el desequilibrio muscular de los rotadores de hombro y; por tanto, reducir el riesgo de lesión.

Sin embargo, todavía no hay estudios que evalúen la efectividad del ejercicio excéntrico en la prevención de lesiones en tenistas adultos. Por tanto, justificamos la necesidad de la implementación de un programa de prevención que incluya ejercicios excéntricos de la musculatura rotadora externa de hombro que será evaluada tras conocer los resultados para así objetivar la efectividad o no de esta técnica en la prevención de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas amateur. De esta manera, el programa de prevención propuesto estará basado según los factores de riesgo detallados con anterioridad, de forma que las diferentes opciones de tratamiento queden justificadas.

## **2. HIPÓTESIS**

Una intervención mediante un programa preventivo que incluya ejercicios excéntricos de la musculatura rotadora externa de hombro, es más efectivo que un programa preventivo convencional por sí solo, para reducir la incidencia de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas adultos de nivel amateur.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

- Evaluar la efectividad de un programa preventivo que incluya ejercicios excéntricos de musculatura rotadora del hombro, comparado con un programa preventivo convencional por sí solo, para la prevención de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas adultos de nivel amateur en Aragón.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Valorar cambios en los desequilibrios musculares entre rotadores internos y externos de hombro.
- Comparar posibles cambios en el ROM del hombro entre los diferentes grupos.
- Evaluar cambios en la resistencia a la fatiga muscular.
- Analizar la incidencia de lesiones del manguito de los rotadores durante la temporada.

### **4. METODOLOGÍA**

#### **4.1. Tipo de diseño**

El diseño utilizado es el ensayo clínico aleatorizado, es decir, un estudio experimental en el cual el investigador provoca y controla las variables, y los pacientes son asignados de forma aleatoria a los distintos tratamientos que se comparan (50).

El ensayo clínico aleatorio (ECA) es un estudio en el que los sujetos son asignados a uno de los siguientes grupos: el grupo experimental (el que recibe la variable independiente, es decir, la intervención) y el grupo control (que recibe el tratamiento habitual o un placebo, es decir, no reciben la variable independiente). Ambos grupos reciben un seguimiento donde se comparan los resultados obtenidos para averiguar si existen cambios significativos gracias a la estadística. Es necesario para ello que haya una asignación aleatoria de los sujetos, que éstos otorguen su consentimiento informado por escrito y, finalmente, que pase por un Comité Ético que lo evalúe (51).

Este tipo de diseño es apropiado especialmente para el estudio de maniobras tanto terapéuticas como preventivas. Los resultados obtenidos de un buen ensayo clínico constituyen la evidencia más confiable en cuanto a utilidad y beneficio de una maniobra terapéutica o preventiva (52).

Por tanto, se trata de un estudio experimental, aleatorizado, controlado y con doble ciego.

- **Experimental:** El investigador es quién manipula la variable independiente, es decir, es quién determina los valores que tomará la variable independiente y crea las condiciones de su presentación (51, 52).
- **Aleatorizado:** Para evitar el sesgo de selección, se realizará una asignación aleatoria de los pacientes a los diferentes grupos de intervención, con el objetivo de conseguir una distribución homogénea de la muestra. Para ello, una vez establecidos los criterios de inclusión y exclusión, los participantes elegibles (muestra) deberán dar su consentimiento informado para participar en el estudio. Finalmente serán asignados a participar en el estudio para entrar en el grupo experimental o grupo control según el azar (50).
- **Controlado:** Se necesita la existencia de dos condiciones experimentales. Se debe poder comparar la variación de las variables entre el grupo al que se le aplica el tratamiento (experimental) y el grupo al que no (control). Así, se podrá concluir que la variable dependiente varía gracias a la presencia de la variable independiente (51).
- **Doble ciego:** Durante el trascurso del estudio, el sujeto desconoce si está recibiendo la intervención del grupo control o del grupo experimental, pero el investigador sí lo conoce (50). Así, garantizamos el doble ciego a través del examinador. Es decir, éste realizará el seguimiento y las valoraciones pero no conocerá a qué grupo pertenece cada participante ni tendrá ningún tipo de contacto con la intervención de los dos grupos.  
El análisis estadístico será realizado por un profesional que no sabrá a qué sujeto pertenece la información, con el fin de lograr también el enmascaramiento de los datos.

Este estudio estará compuesto por dos grupos, un grupo experimental en el que realizarán un programa de prevención convencional junto con el trabajo excéntrico de la musculatura rotadora externa de hombro y; un grupo control en el cual los pacientes realizarán este mismo programa de prevención convencional.

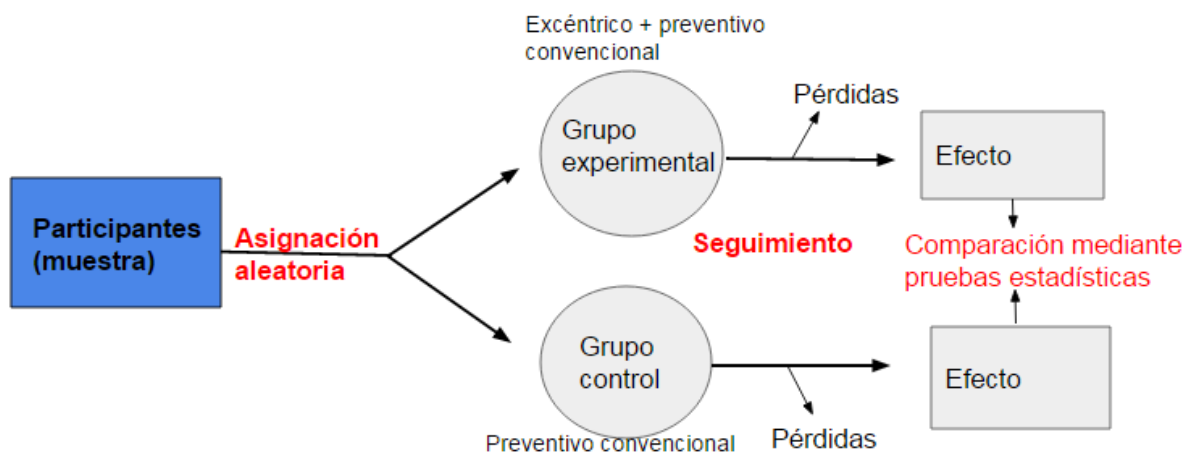


Figura 4. Estructura de un ensayo clínico aleatorizado. Adaptado de Salamanca Castro (51).

La evolución de los pacientes se llevará a cabo mediante una valoración inicial antes de iniciar el programa, otra a las 12 semanas (final de la intervención), una a los 6 meses y una última a los 12 meses. Además, se realizará un seguimiento durante toda la temporada acerca de la incidencia de lesiones del manguito de los rotadores en los participantes del estudio. Por tanto, el programa de intervención tendrá la duración aproximada de 3 años con el fin de cuantificar las lesiones del manguito de los rotadores que se hayan producido durante toda la temporada. Así, la intervención del programa de ambos grupos comenzará en el mes de enero coincidiendo con el inicio de la temporada y finalizará en diciembre de año siguiente. Todas las valoraciones realizadas durante el transcurso del estudio serán llevadas a cabo por el mismo equipo profesional con el objetivo de evitar sesgos.

#### **4.2. Sujetos de estudio**

La población diana de este estudio son los tenistas adultos amateur federados de la comunidad autónoma de Aragón, es decir, con una edad comprendida entre 18 y 65 años.

Según los datos de la Real Federación Española de Tenis, en la comunidad autónoma de Aragón encontramos que en 2015 el número total de adultos federados con titulación era de 117 hombres y 19 mujeres; lo que hace un total de 136 deportistas (53).

Para reclutar a los tenistas anteriormente mencionados nos pondremos en contacto con la Federación Aragonesa de Tenis para realizar el estudio y con su mutualidad para identificar todas las lesiones del manguito de los rotadores registradas durante la temporada de los participantes del estudio. Así, a lo largo de la temporada los participantes que sufran algún tipo de lesión del manguito de los rotadores y acudan a los centros predeterminados por la mutualidad de la federación, deberán ser diagnosticados

por profesionales y contabilizados en el estudio. La asistencia médica asegurada para dichos deportistas es la clínica Montecanal (calle Franz Schubert 2, 50012 Zaragoza) (54).

#### Cálculo del tamaño ideal de la muestra

En nuestro caso conocemos la población total que deseamos estudiar. Por tanto, el cálculo del tamaño de la muestra se realizará según la estimación de una proporción mediante la siguiente fórmula (55):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

- N= Total de la población: 136.
- $Z_{\alpha}^2 = 1,96^2$  (ya que queremos una seguridad del 95%).
- p= Es la proporción esperada (en este caso supone un 5%=0,05).
- q= 1 – p. En este caso es 1 – 0,05= 0,95.
- d= precisión (desearemos un 3%).

$$n = \frac{136 * 1,96^2 * 0,05 * 0,95}{0,03^2 * (136 - 1) + 1,96^2 * 0,05 * 0,95} = 81,640$$

Se necesitará un total de 82 participantes para llevar a cabo el estudio. Una vez reclutados y hayan pasado los criterios de inclusión y exclusión serán asignados en un grupo (control o experimental) de forma aleatoria. Con el fin de evitar pérdidas o abandonos y que el estudio pueda realizarse, calcularemos la muestra definitiva mediante la siguiente fórmula:  $n/(1-R)$ , donde la  $R=0,15$ .

$$82/(1-0,15) = 96,47.$$

Por tanto, la muestra definitiva será de 97 participantes. 49 de ellos serán asignados aleatoriamente al grupo experimental, y 48 al grupo control.

#### **- Criterios de inclusión**

- Tenistas federados.
- Adultos: edad comprendida entre 18 y 65 años.
- Cinco años de experiencia de práctica deportiva con entrenamiento regular. Por entrenamiento regular se entiende un mínimo de 5 horas de práctica semanal.
- El participante firma el consentimiento informado.

- **Criterios de exclusión**

- Historia previa de intervención quirúrgica o fractura de miembro superior y región cervical (6).
- Trastornos sistémicos y/o desórdenes metabólicos que puedan verse alterados por la actividad física (6). Es decir, los pacientes deberán estar federados y para ello es necesario que se sometan a un control médico que les autorice la práctica deportiva. En este apartado buscamos descartar aquellos trastornos que puedan poner en riesgo al deportista y que no hayan sido contabilizados por la federación, bien sea porque se hayan producido posterior al control médico o porque no hayan sido analizados. En el apartado de Anexos encontramos el consentimiento informado, donde se citan las patologías que puedan provocar riesgos.

Además, para poder realizarse el estudio, deberá ser aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC). Finalmente se procederá a la asignación de los participantes en uno de los dos grupos de forma aleatoria mediante un programa informático.

Método de aleatorización

El método de aleatorización escogido para este estudio es el simple. De esta manera conseguimos una comparabilidad en los grupos del estudio en términos de factores de riesgo conocidos y desconocidos, eliminamos el sesgo en la asignación de los pacientes y garantizamos que los posteriores análisis estadísticos sean válidos. Para el proceso de aleatorización utilizaremos un programa de aleatorización computacional. Éste se caracteriza por generar números entre 0 y 999 que se le asigna a cada participante del estudio. Si el número asignado al participante es un número par, el participante pertenecerá al grupo control. Si por el contrario el número es impar, participará en el grupo experimental (52).

**4.3. Variables de estudio**

En la investigación clínica las variables son los atributos o fenómenos susceptibles de ser estudiados para cada individuo y que pueden presentar diferentes valores si varían las circunstancias del estudio o la población estudiada. Por tanto, una variable se refiere a una característica que no es constante y que puede presentar más de una modalidad. Por ello, las variables deben poder ser medidas mediante algún proceso de medición validado y preciso (51).

- Variable independiente: Es la variable que el investigador manipula y se identifica con la causa supuesta. Sus efectos son medidos y comparados entre los diferentes sujetos (51).



- ❖ **Tratamiento** (variable cualitativa nominal): Programa de prevención convencional (grupo control) y programa de prevención convencional junto con el trabajo excéntrico de los rotadores externos de hombro (grupo experimental). Se detallará más adelante en el “plan de intervención”.
- Variable dependiente: Es la que se mide para ver los efectos provocados por la variable independiente. Se identifica con el efecto posible.
- ❖ **Desequilibrio muscular** (variable cuantitativa continua). Esta variable se calculará mediante el uso de un dinamómetro isocinético (modelo Cybex - division of Lumex, Cybex 6000, Ronkonkoma, NY, USA). Así, se calculará la fuerza concéntrica y excéntrica de los miembros superiores, con el fin de calcular el ratio funcional (Rotación externa en excéntrico/Rotación interna en concéntrico). El sujeto se colocará en una posición de abducción de hombro y flexión de codo de 90°. La fuerza de los rotadores internos y externos se evaluará en 120° de amplitud de movimiento (60° rotación interna y 60° de rotación externa) (56).
- Los sujetos realizarán 3 ensayos para familiarizarse con el rango de movimiento y la resistencia del dinamómetro. El análisis definitivo se realiza con un máximo de 5 repeticiones realizadas a velocidades angulares de 60°/s y 300°/s para la tipología concéntrica y 300°/s en la excéntrica. Se conservará un periodo de descanso de un minuto entre las series con el fin de evitar la acumulación de la fatiga. Ambas extremidades superiores serán evaluadas. Se necesitará un examinador cualificado para la evaluación de esta variable. Los ratios funcionales adecuados para la prevención de lesiones deben ser superiores a 1. Es decir, debe haber una mayor fuerza excéntrica que concéntrica con el objetivo de desacelerar un movimiento rápido de la extremidad superior (56).
- ❖ **Fatiga muscular** (variable cuantitativa continua). Se valorará mediante el cálculo del Peak Torque. Para ello se utilizará el dinamómetro explicado en el apartado anterior con la diferencia de que el rango de movimiento durante el test será de 90° de rotación externa y 30° de rotación interna con el fin de simular la secuencia del saque en tenis. Cada sujeto realizará 20 contracciones máximas durante el test, comenzando por la rotación interna e inmediatamente con la externa. Para calcular el ratio de la fatiga, se utilizará la siguiente fórmula: 5 primeras repeticiones/5 últimas repeticiones (26). Deberá valorarse tanto el lado dominante como el no dominante.

- ❖ **Rango de movimiento** (variable cuantitativa continua). Se medirá mediante el uso de un goniómetro universal. Se utilizará para la valoración activa de los movimientos de flexión, abducción y rotación interna y externa de hombro tanto del lado dominante como del no dominante. La goniometría está considerada como un instrumento fiable y válido para medir el ROM. Sin embargo, se debe homogeneizar la toma de datos ya que pueden producirse diferencias entre examinadores (57).
- ❖ **Incidencia de nuevas lesiones**. Se realizará un formulario de todas las lesiones de del manguito de los rotadores que hayan padecido los participantes del estudio una vez finalizado el periodo de intervención. En este formulario se incluirá la fecha de la lesión, si se produjo entrenando o en competición, el tipo de lesión, la localización y una medida de la gravedad de la lesión (58).
- Variables control: No varían a pesar de la variable independiente. Se recogerán en un formulario de datos que puede verse en el Anexo 2.
  - ❖ Sexo: Cualitativa nominal.
  - ❖ Edad: Cuantitativa discreta.
  - ❖ Peso: Cuantitativa continua. Se calculará en kg.
  - ❖ Altura: Cuantitativa continua. Se calculará en m.
  - ❖ IMC: Cuantitativa continua. Es la relación entre el peso y la altura. Se calcula mediante la siguiente fórmula:  $\text{Kg/m}^2$  (59).
  - ❖ Brazo dominante: Cualitativa nominal.
  - ❖ Lesiones previas: Cualitativa nominal. Se dividirá en: distensiones, esguinces, tendinopatías y contracturas musculares junto con la especificación del segmento corporal afectado (muñeca, antebrazo, codo, hombro, tronco, cuello, espalda, abdomen, cadera, muslo, rodilla, tobillo y pie). Éstas serán indicadas mediante una encuesta (59).
  - ❖ Años de práctica deportiva: Cuantitativa discreta.
  - ❖ Frecuencia de práctica semanal: Cuantitativa continua, calculada en horas/semana.

#### **4.4. Recogida de datos**

Un aspecto fundamental en la recogida de datos es el entrenamiento de los observadores y profesionales encargados de recoger la información. Así, se realizará un consenso en la forma de

medir, informar y analizar a los sujetos objeto del estudio. Por tanto, los investigadores deben ser conscientes de las principales fuentes de sesgos que puedan poner en compromiso la fiabilidad y validez del estudio (51).

El estudio estará compuesto por 3 integrantes: dos fisioterapeutas y un estadístico. El fisioterapeuta A, se encargará de realizar la intervención en ambos grupos y tendrá un perfil asociado al mundo deportivo y con experiencia en el tenis. El fisioterapeuta B, deberá estar cualificado para el uso del dinamómetro isocinético y será el responsable de realizar las valoraciones oportunas y la recogida de los datos necesarios para la participación de los sujetos en el estudio. Para el control de los datos se realizará una hoja con los datos personales y anotaciones descritas anteriormente, de forma clara y sencilla para evitar confusiones. En el Anexo 2, se describe la encuesta inicial y recogida de datos.

La información será recogida en una base de datos mediante un documento Word que puede observarse en el Anexo 2. A cada sujeto le corresponderá un código de barras con el fin de que los investigadores no conozcan el tratamiento que está recibiendo y evitar sesgos durante las valoraciones. Este número será aleatorio y no tendrá relación ninguna con el grupo de tratamiento al que pertenece (51). Una vez tengamos rellenados estos datos se pasarán a un documento Excel con el fin de facilitar al estadístico las labores posteriores de análisis de datos.

Durante las diferentes fases del estudio, se anotarán las valoraciones y mediciones oportunas de cada sujeto del estudio. Así, se deberán calcular tanto el Peak Torque, el ratio funcional y el rango de movilidad mediante las mediciones validadas citadas con anterioridad. Se realizarán en total cuatro valoraciones: antes de la intervención, a las 12 semanas, a los 6 meses y, finalmente, a los 12 meses de la intervención. Será el fisioterapeuta B el encargado de realizar esta acción y de redactar dichos datos en el documento Word de recogida de datos. Por tanto, el fisioterapeuta B no habrá participado en la intervención de los grupos, de manera que garantizaremos el doble ciego.

Una vez confeccionados estos datos en formato Excel, se procederá a su traspaso al programa de análisis estadístico IBM SPSS Statistics. El estadístico será el encargado de realizar dicha tarea y así, finalmente, poder realizar el análisis.

Además, para el estudio de la incidencia de lesiones, que se llevará a cabo a los 12 meses de la intervención, se realizará un apartado específico para anotar la incidencia de lesiones del manguito de los rotadores de los participantes una vez hayan completado la intervención del estudio. Para ello, nos pondremos de acuerdo con la mutualidad de la federación aragonesa con el fin de obtener estos datos.

#### **4.5. Generalización y aplicabilidad**

Una vez realizado el estudio y analizados los datos, podremos concluir si el ejercicio excéntrico es beneficioso o no a la hora de reducir la incidencia de lesiones del manguito de los rotadores en tenistas adultos. En el caso de que los resultados sean estadísticamente significativos y aporten validez a esta modalidad de ejercicio, se deberá continuar con su uso e investigación para precisar al máximo todos sus beneficios y efectividad de la técnica. Además, se trata de intervenciones con bajo coste por lo que podrían aplicarse sin generar problemas económicos en los deportistas.

A su vez, encontramos patologías y desequilibrios musculares similares en deportes de “lanzamiento” como son el voleibol, béisbol, lanzamiento de jabalina, waterpolo, escalada, deportes de raqueta diferentes... Éstos, requieren de movimientos repetitivos que buscan la abducción, rotación interna y flexión de hombro desencadenando en posibles patologías de hombro y particularmente del manguito de los rotadores (60). Por tanto, si los resultados fuesen positivos deberíamos realizar estudios que extrapolaran los resultados aplicados a estos deportes. También, se debería comprobar la efectividad de la técnica en otras patologías de hombro propias de estos deportes.

En definitiva, la finalidad principal del estudio consiste en evaluar la efectividad del ejercicio excéntrico en la prevención de lesiones del manguito de los rotadores. De esta manera, si los resultados obtenidos fueran positivos supondría un avance en el campo de la fisioterapia ya que debería incorporarse este tipo de actividad en los programas preventivos de los deportistas para fomentar una reducción de las lesiones con lo que todo ello implica. Así, lograremos evitar, en la medida de lo posible, lesiones que puedan afectar a la funcionalidad, socioeconomía, baja deportiva temporal y estado de ánimo del deportista (1).

Además, debería continuarse la línea de futuro de esta técnica integrándola en tenistas de niveles profesionales y de edades primarias (niñez y adolescencia) junto con el deporte adaptado en silla de ruedas para verificar la efectividad de la técnica y lograr reducir la incidencia de lesiones.

#### **4.6. Análisis estadístico**

Para la realización del análisis de las variables y datos se utilizará el programa de gestión estadística “IBM SPSS Statistics”. Se distinguirán dos apartados, la estadística descriptiva y la inferencia estadística.

Dentro de la estadística descriptiva se incluyen los métodos de recolección, presentación y caracterización de los datos obtenidos, con el fin de describirlos objetivamente. Su objetivo es el de

organizar los datos obtenidos de la muestra para que resulten más manejables y comprensibles (51). Para ello, construiremos una tabla de distribución de frecuencias basada en los valores obtenidos y la frecuencia con que se ha obtenido ese valor. Los datos estarán ordenados de menor a mayor (51).

En éstas se incluirán las medidas de posición y tendencia central (media aritmética, moda y mediana) junto con los índices de dispersión (rango y desviación típica) y los índices de forma (asimetría o simetría) de todas aquellas variables propuestas en el estudio. Además, se utilizarán histogramas como representación gráfica de variables cuantitativas continuas y diagramas de barras para simplificar la lectura de aquellas variables cualitativas (51).

Por otro lado, en la estadística inferencial se pretende, a partir de los datos obtenidos, extrapolarlos en la muestra a la población a partir de leyes de probabilidades y con un cierto grado de confianza. Para ello utilizaremos un intervalo de confianza del 95%, asumiéndose así un error o valor alpha del 0,05 (5%). Este apartado estará confeccionado mediante tablas de contingencia (51).

Para ello se realizará el contraste de hipótesis entre la hipótesis nula y la alternativa. Para realizar el análisis de las variables se recurrirá por el uso de test estadísticos adecuados al tipo de variable que vayamos a analizar. Los test utilizados serán los siguientes: test ANOVA, chi-cuadrado, correlación de Pearson y T-Student (51).

Finalmente, una vez obtenidos, organizados y analizados todos los datos, escogeremos aquellos resultados más significantes que serán añadidos en la publicación del estudio.

#### **4.7. Plan de intervención**

La duración aproximada del estudio será de tres años. Durante el primer año del estudio, se llevará a cabo la preparación de los recursos humanos y materiales necesarios para su desarrollo. Además, se deberá reclutar a todos aquellos participantes que cumplan con los criterios de inclusión y que otorguen su consentimiento a participar en el estudio. Una vez la muestra haya alcanzado los 97 participantes se les pasará una encuesta inicial (ver en apartado 2 de anexos) donde rellenarán los datos personales necesarios. Este periodo será realizado por el fisioterapeuta B y tendrá una duración de 6 meses.

El segundo año, irá destinado al periodo de intervención de ambos grupos junto con sus valoraciones. Para ello se realizará una valoración inicial de todos aquellos sujetos que cumplan los criterios de inclusión. Una vez finalizada la intervención, es decir, a las 12 semanas, se volverán a valorar a los participantes del estudio para contrastar diferencias significativas o no entre ambos grupos. En el sexto mes también se realizará una valoración para corroborar si las mejorías tienen un efecto a medio plazo.

Se llevará a cabo una última valoración a los 12 meses para corroborar si los beneficios o mejoras se mantienen a largo plazo.

Finalmente, durante el tercer año, nos pondremos en contacto con la mutualidad de la federación Aragonesa de Tenis con el fin de documentarnos de las incidencias de lesiones en el manguito de los rotadores que hayan podido sufrir los sujetos del estudio y así realizar el seguimiento. Una vez tengamos estos datos se procederá al análisis final de los datos y la redacción del informe final.

Además, se deberá reclutar a todos aquellos participantes que cumplan con los criterios de inclusión y que otorguen su consentimiento para la participación del estudio. Todo este proceso se realizará en la clínica Montecanal de Zaragoza, mutualidad de la federación aragonesa de tenis. Allí, se les informará de forma clara y detallada del estudio. A partir de aquí, los sujetos serán asignados al grupo experimental o control de forma aleatoria. Las intervenciones propuestas en ambos grupos serán realizadas por un fisioterapeuta cualificado (fisioterapeuta A); mientras que las mediciones serán realizadas por un especialista cualificado y ajeno al tratamiento (fisioterapeuta B). Además, un estadístico, que no participa en las mediciones y en la intervención, se encargará del análisis de las variables, con el fin de limitar los sesgos.

La intervención se realizará también en la clínica Montecanal y su inicio corresponde con la valoración inicial de los sujetos. Así, serán registrados los datos personales necesarios (sexo, edad, peso, altura, IMC, brazo dominante, lesiones previas, años de práctica deportiva y frecuencia de práctica semanal) y se calculará el ratio funcional, el Peak Torque y el ROM del hombro dominante. Estas últimas tres variables serán analizadas a las 12 semanas, tras la intervención, a los 6 meses y a los 12 meses para analizar los resultados obtenidos y sacar conclusiones objetivas.

La intervención dependerá del grupo al que hayan sido asignados. Tanto el grupo control como el experimental realizarán 4 sesiones por semana (lunes, martes, jueves y viernes) de aproximadamente 30-45 minutos y tendrá una duración de 12 semanas. El fisioterapeuta A será el encargado de realizar todas las sesiones preventivas. Ambos grupos antes de realizar las actividades propuestas realizarán 5 minutos de calentamiento a baja intensidad en bicicleta estática (21).

#### Grupo control:

Los sujetos de este estudio realizarán un programa preventivo convencional que incluye las siguientes acciones ordenadas cronológicamente. Entre cada ejercicio, se realizará un descanso de 1 minuto. Todas las actividades se realizarán tanto en la extremidad dominante como en la no dominante.

- Mantener el rango de movilidad mediante **estiramientos**. Se realizarán 3 estiramientos pasivos de las rotaciones de hombro durante 30 segundos ejecutados por el fisioterapeuta (21). Entre cada repetición el sujeto descansará 1 minuto.
- **Fortalecimiento** de la musculatura glenohumeral y escapulotorácica: Se realizarán 3 series de 15 repeticiones, con un minuto de descanso entre cada serie. Se deben incluir resistencias manuales y trabajo con pesos (36). El trabajo estará fundamentado en el trabajo isométrico y concéntrico de la musculatura rotadora interna de hombro junto con el trapecio inferior y serrato mayor como estabilizadores escapulares (21).

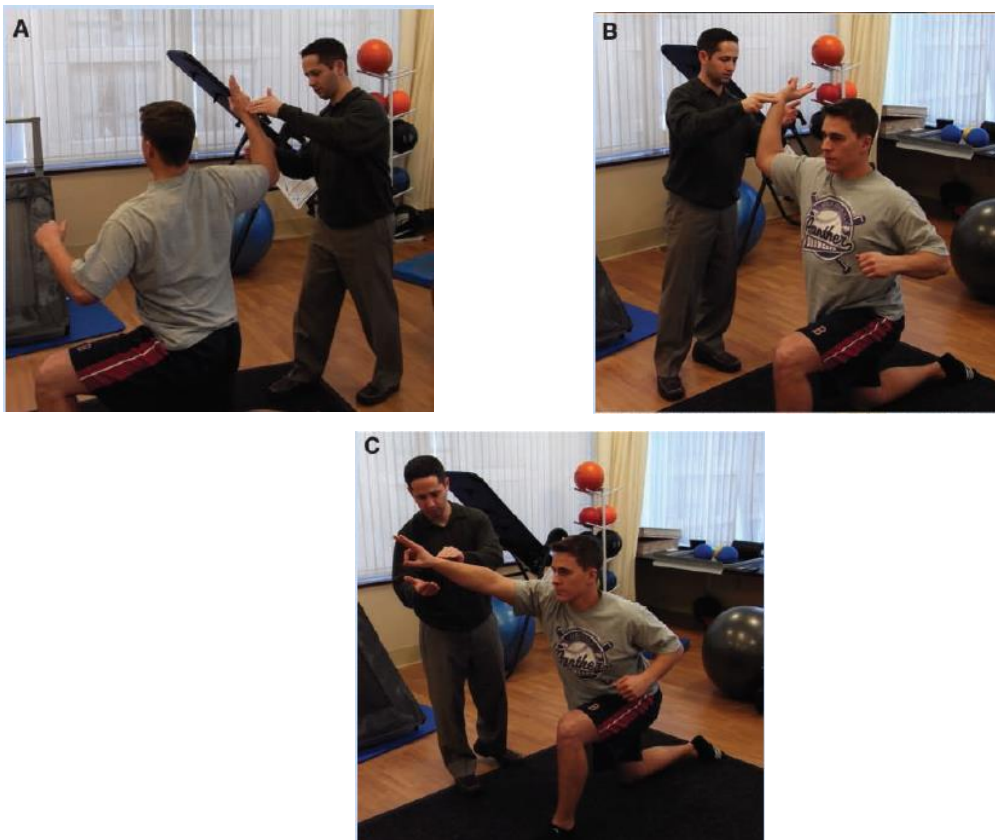


Figura 5. Resistencias manuales (21)

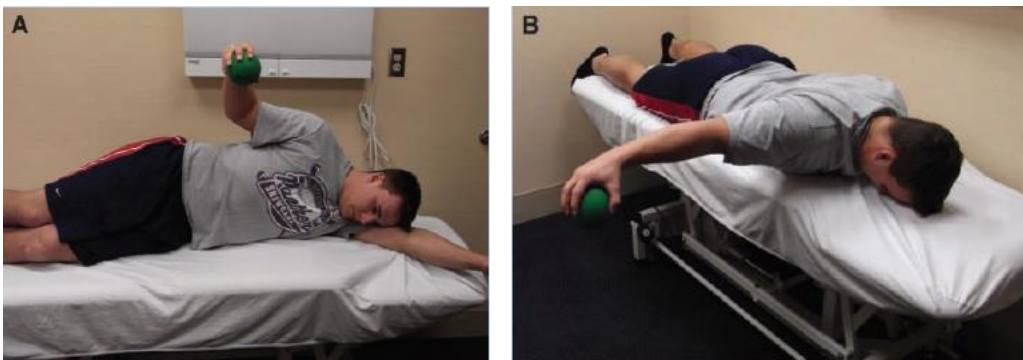


Figura 6. Fortalecimiento con peso (21)

- Mejorar la estabilización dinámica y control neuromuscular: **estabilizaciones rítmicas y ejercicios pliométricos**. Se realizarán estabilizaciones rítmicas manuales en el plano de la escápula ( $30^\circ$  de abducción). Se alternarán contracciones isométricas para facilitar la co-contracción de la musculatura anterior y posterior de hombro. El sujeto se colocará en supinación de antebrazo con el brazo elevado  $90-100^\circ$  y con  $10-30^\circ$  de abducción horizontal. El fisioterapeuta deberá alternar contracciones isométricas en flexión, extensión, abducción y aducción horizontal. Una vez el paciente sea capaz de controlarlos, realizaremos los ejercicios en diferentes grados de elevación de hombro, con los ojos cerrados y aumentando la velocidad de ejecución de la fuerza sometida por el fisioterapeuta (21). También se realizarán ejercicios pliométricos con gomas y pesos (61). Este trabajo tendrá una duración de 15 minutos.



Figura 7. Estabilizaciones rítmicas (21)

- **Estabilización del CORE:** Realizaremos planchas laterales y frontales, junto con abdominales sobre el fitball con pase mediante un balón medicinal. Así, trabajaremos en los 3 planos: sagital, frontal y transversal. Estos ejercicios pretenden simular la actividad del CORE durante el saque (61). Realizaremos 3 series de cada ejercicio. Se realizarán 10 pases por serie en los abdominales sobre el fitball. Las planchas frontales y transversales se realizarán manteniendo la posición 15-20 segundos según la tolerancia del individuo (61).



Figura 8. Abdominal sobre fitball con pase (61)



Figura 9. Plancha lateral (61)



### Grupo experimental:

Este grupo se caracteriza por la implementación de ejercicios excéntricos junto con el programa preventivo diseñado en el grupo control. Por tanto las actividades a realizar serán las siguientes:

- Misma actividad que el grupo control.
- Trabajo en excéntrico de la musculatura rotadora externa de hombro de ambos costados.

Los ejercicios excéntricos serán llevados a cabo mediante gomas elásticas “Thera-bands”. Las bandas tendrán una medida de 1,2 metros y se engancharán en las espalderas. Los sujetos tomarán la banda enrollándola en su mano y la colocarán a la altura de la cintura homolateral al costado que trabajará (36). Para cada ejercicio se realizarán 3 series de 15 repeticiones con un minuto de descanso entre cada serie. Una vez los sujetos sean capaces de realizar los ejercicios se les aumentará la carga mediante la progresión de colores que siguen las bandas elásticas (36).

Como se ha citado anteriormente, el saque es el momento de mayor riesgo ya que implica una alta intensidad de actividad de la musculatura desaceleradora del saque (musculatura rotadora externa). Por ello, los ejercicios propuestos deberán simular las exigencias biomecánicas del saque (61).

El ejercicio excéntrico consistirá en la fase concéntrica (rotación interna) y la fase excéntrica (rotación externa). De esta manera, el sujeto se colocará posición de saque y realizará la rotación interna con la goma (36). La fase excéntrica corresponderá con la frenada lenta a la fuerza ejercida por la goma para volver a la posición inicial (62).

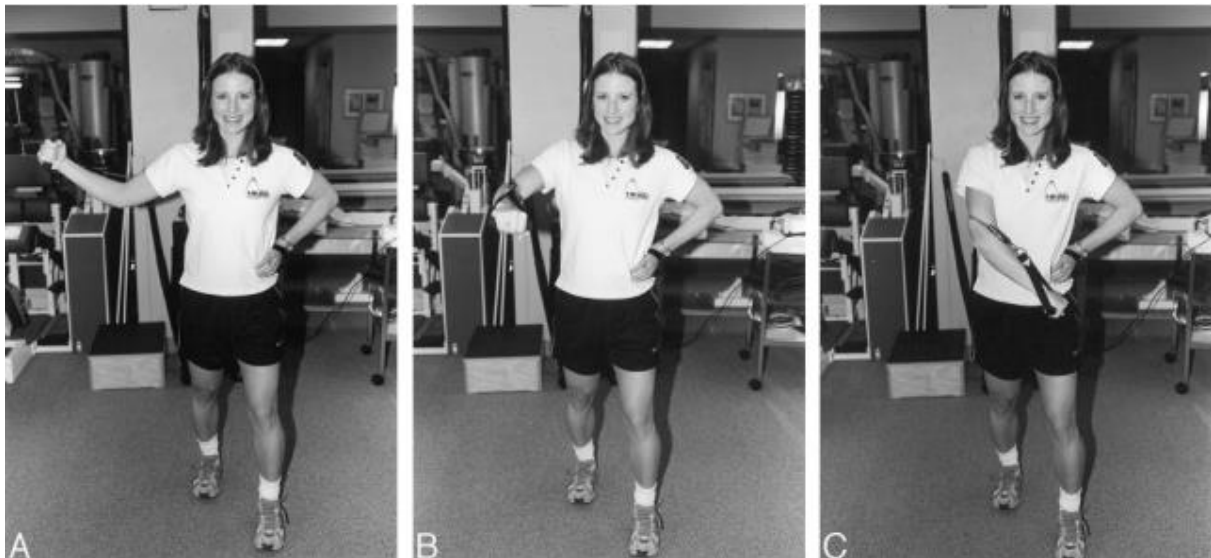


Figura 10. Ejercicio excéntrico en diagonal (62)

## 5. CALENDARIO PREVISTO

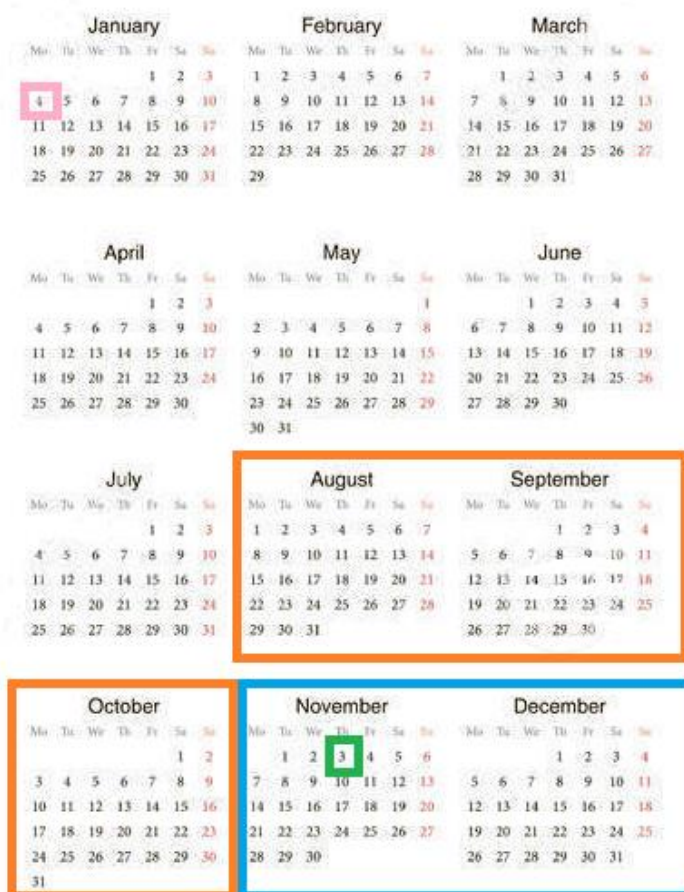
El estudio tendrá una duración de 3 años, comenzando en 2016 y finalizando en 2018. Para ello, se distribuirá en tres fases. La primera fase consiste en reclutar la muestra adecuada, obtener los recursos humanos, materiales y el espacio adecuado para su realización. La segunda, es la fase de intervención; donde se incluyen las valoraciones pertinentes. Así, se realizarán 4 valoraciones (una al inicio, otra a las 12 semanas, a los 6 meses y una última a los 12 meses). Finalmente, la tercera es la fase de seguimiento y análisis de los datos obtenidos con el fin de redactar el estudio aportando los resultados y conclusiones obtenidas de la muestra.

Una vez redactado el proyecto del estudio, se pondrá en marcha su realización. Así, la distribución de las tareas será la siguiente:

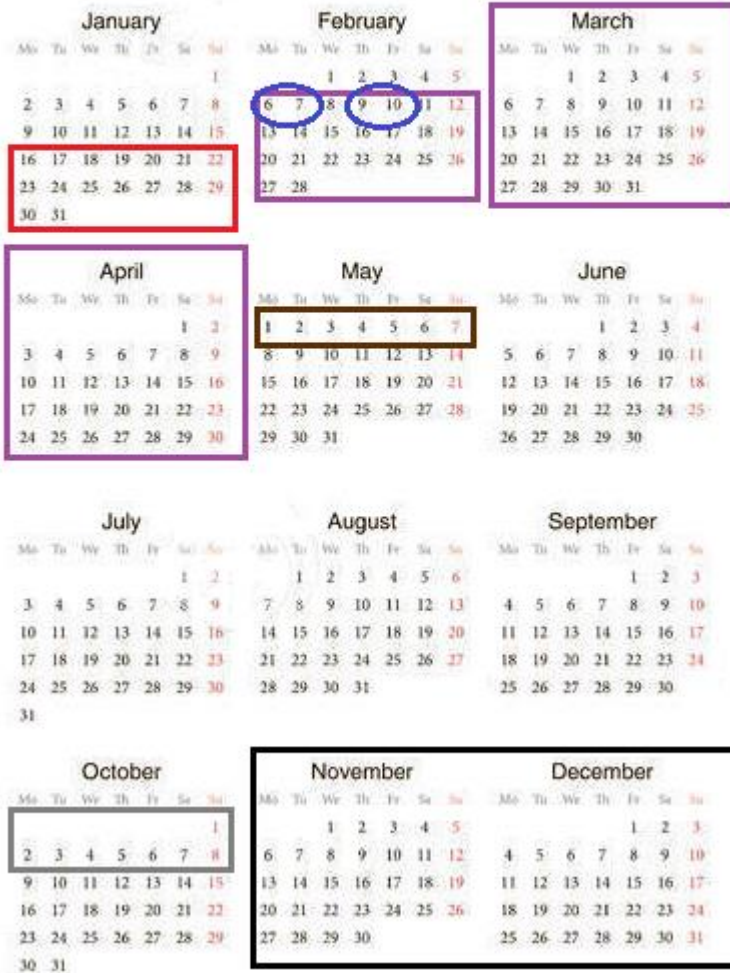
- Agosto-Octubre 2016 (**naranja**). Obtención de los recursos humanos y materiales necesarios. Además, se contactará con la mutualidad oportuna para que nos ceda sus instalaciones.
- Noviembre 2016 (**azul**). Reclutamiento de los participantes que cumplan los criterios establecidos y den su consentimiento para participar en el estudio.
- 4 de enero 2016 (**rosa**). Inicio de la temporada.
- 3 de noviembre 2016 (**verde claro**). Final de la temporada.
- Enero 2017, segunda quincena (**rojo**). Se realizará la valoración inicial del Peak Torque, ratio funcional, ROM y encuesta de incidencia de lesiones y datos personales.
- 6 de febrero-30 de abril 2017 (**morado**). Periodo de intervención. En **azul con forma circular** se marcan los días de la semana que deberán acudir los participantes (Misma secuencia para todas las semanas de la intervención).
- 1-7 de mayo de 2017 (**marrón**). Segunda valoración.
- Octubre 2017 (**gris**). Tercera valoración.
- Abril 2018 (**verde oscuro**). Cuarta y última valoración.
- Noviembre- Diciembre 2017 (**turquesa**): Valoración y análisis de los datos obtenidos.
- Noviembre 2017-Septiembre 2018 (**negro**). Fase de seguimiento de las lesiones.
- Octubre-diciembre 2018 (**amarillo**). Análisis de los datos, resultados y conclusiones. Redacción del estudio.

Cronograma gráfico:

# 2016



# 2017



# 2018



## 6. LIMITACIONES Y POSIBLES SESGOS

El estudio planteado puede tener una serie de limitaciones y sesgos que debemos conocer ya que pueden influir directamente en los resultados. Estas limitaciones son:

- Imposibilidad de cegar al fisioterapeuta encargado de la intervención de ambos grupos ya que conoce las técnicas que se realizan en ambos. Sin embargo, la ventaja es que los participantes no conocerán en qué grupo han sido asignados así como el fisioterapeuta encargado de las valoraciones expuestas. De esta forma, garantizamos el doble ciego.

- El grupo experimental realizará una variante más de tratamiento que el grupo control y, por tanto, se produce un sesgo de realización.
- En relación a la muestra, la mayor limitación del estudio sería la incapacidad de completar la muestra de 97 participantes para la realización del estudio. Si este hecho ocurriese, se plantearía una ampliación del territorio geográfico escogido, con el fin de establecer una nueva muestra idónea y posible.
- El estudio se realiza en la población de toda la comunidad aragonesa, mientras que el estudio se desarrollará en la ciudad de Zaragoza. Este hecho puede suponer una limitación para aquellos participantes que tengan que desplazarse desde las distintas provincias de Aragón. Además, se trata de un estudio con una intervención de 12 semanas acudiendo 4 días a la semana, por lo que puede ser que se produzcan bajas. Por tanto, supondría un sesgo de desgaste.
- Los participantes continúan con la práctica deportiva habitual, por lo que es posible que se creen abandonos en el estudio debido a nuevas lesiones; produciéndose de nuevo un sesgo de desgaste.
- Los participantes que sufran algún tipo de lesión durante el periodo de seguimiento y no acudan a la mutualidad consensuada con la Federación Aragonesa de Tenis no serán registrados en el estudio y, por tanto, se perderían datos necesarios para la valoración de las técnicas expuestas como método preventivo. De esta manera, se produciría un nuevo sesgo de desgaste.
- Otra limitación es la incapacidad de controlar factores psicosociales que puedan influir en los deportistas aumentando el riesgo de éstos a sufrir una lesión.
- Finalmente, otra limitación que encontramos en el estudio es el abandono de la práctica deportiva posterior a la intervención. De esta manera no podremos conocer los beneficios a largo plazo de la intervención, ni establecer un nuevo cuadro de incidencias de lesiones posteriores para establecer de forma objetiva los beneficios del programa preventivo establecido para cada grupo.

## **7. PROBLEMAS ÉTICOS**

Para llevar a cabo el estudio es estrictamente necesario la elaboración del consentimiento informado, el cual debe garantizar la voluntariedad del sujeto a participar en el estudio. Para ello se elaborará un documento en el que se detalla de forma simple y precisa las intervenciones que tendrán lugar en el estudio. Así, se añadirán todos aquellos beneficios y perjuicios o riesgos que pueda suponer la intervención en cualquiera de los dos grupos para que el sujeto delibere su participación o no. Por tanto, deberemos asegurarnos de que los sujetos comprendan totalmente la información de todo el proceso de intervención del estudio y cualquier duda que presenten deberá ser resuelta.

Además, el estudio deberá cumplimentar los requisitos necesarios para la aceptación por el Comité Ético de Investigación Clínica, basado en el Real Decreto 223/2004 (63). Así, el estudio deberá respetar los principios básicos establecidos en la Declaración de Helsinki junto con la ley de protección de datos. Por tanto, los principios de beneficencia, justicia y no maleficencia deberán estar garantizados en todo el proceso del ensayo.

En cuanto a la ley de protección de datos, se respetará la confidencialidad de los datos otorgados por los participantes, de manera que sólo los fisioterapeutas autorizados podrán disponer de ellos de forma segura. Para ello, los datos quedarán registrados informáticamente y sólo podrán ser visualizados por aquellos expertos autorizados mediante un usuario y contraseña.

## **8. ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO**

El ensayo estará compuesto por 2 fisioterapeutas. Uno de ellos se encargará de realizar el plan preventivo de ambos grupos (fisioterapeuta A) y el otro realizará las valoraciones oportunas (fisioterapeuta B) tanto al inicio como en las fechas de seguimiento marcadas en el calendario. Por tanto, el fisioterapeuta A será el más especializado en el ámbito deportivo y con experiencia en el mundo del tenis. Por otro lado, el fisioterapeuta B deberá estar cualificado en el uso del dinamómetro isocinético y tendrá un perfil más investigador.

Así, el fisioterapeuta A se encargará de la realización del plan de intervención. Éste dispondrá de agrupaciones de 10 participantes a los que ejecutará el plan establecido según sean del grupo experimental o control. De esta manera, las divisiones se realizarán de forma que todos ellos pertenezcan al mismo grupo (control o experimental) de manera que puedan realizar de forma sincronizada los ejercicios propuestos. Los grupos estarán establecidos según un horario previamente establecido, de forma que las sesiones se distribuirán en sesiones de una hora. Es posible que algún grupo sea menos numeroso, por lo que podrán realizarse cambios según convengan a los participantes

siempre y cuando lo hagan en un turno que concuerde con el grupo al que pertenecen. El horario establecido será el comprendido entre las 16 y las 21 horas durante los lunes, martes, jueves y viernes.

Previamente, el fisioterapeuta B, deberá realizar las valoraciones pertinentes y anotar los datos obtenidos en el programa informático mediante un documento Word, para que posteriormente puedan ser analizados por un estadístico. Será también la persona encargada de realizar el proceso de aleatorización de los participantes distribuyéndolos en grupo experimental o control. Además rellenará los datos personales necesarios para el inicio del proyecto. Una vez establecidos los grupos, el fisioterapeuta A será el encargado de ponerse en contacto con los participantes para concretar el horario de sus sesiones. Finalmente, el fisioterapeuta B una vez tenga recogidos los datos deberá traspasarlos a un documento Excel con el fin de facilitar la labor del estadístico para su análisis posterior.

Todo este proceso se realizará en la sala de rehabilitación de la clínica Montecanal de Zaragoza, donde dispondremos del material necesario para realizar las sesiones preventivas junto con los análisis mediante el uso del dinamómetro isocinético.

En cuanto a los recursos materiales, cada fisioterapeuta se encargará del mantenimiento de los materiales que se encuentran en la sala. Es decir, el fisioterapeuta específico para las valoraciones (B) deberá asegurarse de la protección, calibración y buen uso de la máquina isocinética; mientras que el fisioterapeuta encargado de la intervención (A) deberá garantizar el buen uso del material y solicitar, si es necesario, más material.

El seguimiento necesario durante el transcurso de la temporada junto con la anotación de los nuevos casos de incidencia de lesiones del manguito de los rotadores será realizado por el fisioterapeuta B. Por tanto, deberá ponerse en contacto con la mutualidad para informarse de las lesiones del manguito que hayan sufrido durante la temporada los participantes en el estudio.

Finalmente, una vez establecidos los datos; será el estadístico el encargado de realizar el análisis de los datos de estudio. A continuación, se procederá a la redacción del análisis final incorporando los resultados obtenidos y conclusiones correspondientes.

## **9. PRESUPUESTO**

Para poder estimar el presupuesto, se deberá tener en cuenta tanto los recursos humanos como materiales necesarios para la realización del estudio. Además, se deberán tener en cuenta las fuentes de financiación necesarias para la ejecución del proyecto.



Por tanto, como recursos humanos serán necesarios:

- 1 fisioterapeuta que realizará las intervenciones de ambos grupos.
- 1 fisioterapeuta-examinador cualificado que realizará las valoraciones iniciales y seguimientos. Éste deberá estar cualificado en el uso del dinamómetro.
- 1 estadístico que realizará el análisis posterior de los datos.

Profesionales	Número	Salario	Total
Fisioterapeuta intervención	1	2200€/mes. 3 meses	6600€
Fisioterapeuta examinador	1	1500€/mes. 9 meses	13500€
Estadístico	1	1400€/mes. 2 meses	2800€
<b>Total</b>			<b>22.900€</b>

En cuanto al espacio donde se llevará a cabo el estudio corresponderá con las instalaciones de la clínica Montecanal de Zaragoza, donde podremos instalar el material necesario.

Dependiendo del material que disponga la sala en la que se realice la intervención de ambos grupos podrán sumarse o suprimirse algunos de los materiales citados a continuación:

Material	Cantidad	Precio por unidad	Precio total
Alquiler del dinamómetro isocinético modelo Cybex - division of Lumex, Cybex 6000, Ronkonkoma, NY, USA	1 durante 6 meses	1.500€	9.000€
Gomas elásticas	4 rollos (uno de cada color)	17,59€	70,36€
Pesas	10 de cada peso	4,15€	41,50€
Pelotas	10	2,80€	28,00€
Goniómetro	1	5,23€	5,23€
Fitball grande	10	5,80€	58,00€
Esterillas/colchonetas	10	8,15€	81,50€
Bicicleta estática	10	199€	1990€
Programa estadístico IBM SPSS	1	15,58€	15,58€

<b>Total</b>	<b>11290,17€</b>
--------------	------------------

Por tanto, el presupuesto final estimado para la realización del proyecto es de 34.190,17€. Para ello se solicitará la ayuda económica de diferentes fuentes de financiación como son la Federación Aragonesa de Tenis junto con la posibilidad de adquirir una beca de investigación a través del departamento de Innovación, Investigación y Universidad del Gobierno de Aragón.

## **10. BIBLIOGRAFÍA**

1. Pluim BM. Tennis injuries: occurrence, aetiology, and prevention. Br J Sports Med. 2006;40(5):415–23.
2. Palmi J. Visión psico-social en la intervención de la lesión deportiva. Cuad Psicol del Deport. 2001;1:69–79.
3. Garcés de Los Fayos Ruiz, EJ; Olmedilla Zafra, A; Ortín Montero, FJ. Influencia de los factores psicológicos en las lesiones deportivas. Papeles del psicólogo. 2010;31(3):281–8.
4. Burnett QM; Hutchinson MR; Laprade RF; Moss R; Terpstra J. Injury surveillance at the USTA Boys' Tennis Championships: a 6-yr study. Med Sci Sports Exerc. 1995;27(6):826–30.
5. Altchek DW; Bedi A; Dines JS; Dines DM; Ellenbecker TS et al. Tennis injury: Epidemiology, pathophysiology and treatment. J Am Acad Orthop Surg. 2015;23(3): 181-189.
6. Marcondes FB, de Jesus JF, Bryk FF, de Vasconcelos R, Fukuda TY. Posterior shoulder tightness and rotator cuff strength assessments in painful shoulders of amateur tennis players. Brazilian J Phys Ther. 2013;17(2):185–93.
7. Peat M. Functional Anatomy of the Shoulder complex. Physical Therapy. 1986;16(12):1855–1865.
8. Chopp TM; Terry GC. Functional Anatomy of the Shoulder. J Athl Train. 2000;35(3):248–55.
9. Mendiza JJ; Ornelas Bañuelos JP; Echauri Marroquín E; Gutiérrez Ruíz F. Repaso anatómico y técnica exploratoria ultrasonográfica de hombro. Anales de radiografía de México. 2005; 3:217–26.
10. Lazaro R. Shoulder Impingement Syndromes: Implications on Physical Therapy Examination and Intervention. J Japanese Phys Ther Assoc. 2005; 8(1):1–7.
11. Sanabria NS, Patiño AMO. Biomecánica del hombro y bases fisiológicas de los ejercicios de Codman. CES Med. 2013; 27(2):205–18.

12. Terpin K. Magnetic Resonance Imaging of Rotator Cuff Tears in Shoulder Impingement Syndrome. Polish J Radiol. 2014;79:391–7.
13. Pabst R; Putz R. Sabotta. Upper limb. Trunk , Viscera , editors. Atlas of human anatomy. 14ª edición. Munich; 2006. 157-257.
14. Barrietos G; Quiroz L; Saenz M. Simulación numérica de la biomecánica del hombro. Mecánica Comput. 2002; 21:2505–18.
15. Déniz AM, Quintero Gonzalez LE, Navarro García R., Ruiz Caballero JA. Recuerdo anatómico y biomecánico del hombro. XXI jornadas Canarias de traumatología y cirugía ortopédica. 2007; 40-42.
16. Craik JD; Mallina R; Ramasamy V; Little NJ. Human evolution and tears of the rotator cuff. Int Orthop. 2014;38(3):547–52.
17. Ellenbecker TS, Cools A. Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: an evidence-based review. Br J Sports Med. 2010;44(5):319–27.
18. Braman JP; Zhao KD; Harrison AK; Ludewig PM. Shoulder impingement revisited: evolution of diagnostic understanding in orthopedic surgery and physical therapy. Med Biol Eng Comput. 2014; 52(3): 211-219.
19. Bahr R; Holme I. Risk factors for sports injuries — a methodological approach. Br J Sports Med. 2003;37(5):384–92.
20. Cools AM; Johansson FR; Palmans T. Age-related, sport-specific adaptations of the shoulder girdle in elite adolescent tennis players. J Athl Train. 2014;49(5):647–53.
21. Andrews JR; Gill TJ; Reinold MM; Wilk KE. Current Concepts in the Evaluation and Treatment of the Shoulder in Overhead Throwing Athletes, Part 2: Injury Prevention and Treatment. Sport Heal A Multidiscip Approach. 2010;2(2):101–15.
22. Cools AM, Johansson FR, Borms D, Maenhout A. Prevention of shoulder injuries in overhead athletes: a science-based approach. Braz J Phys Ther Braz J Phys Ther. 2015;1–9.

23. Harvie P; Ostlere SJ; Teh J, McNally EG; Clipsham K; Burston BJ; et al. Genetic influences in the aetiology of tears of the rotator cuff. Sibling risk of a full-thickness tear. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86(5):696–700.
24. Ortiz Rodríguez, RO. Desarrollo y entrenamiento de la potencia en el tenista. En: Ortiz Rodríguez, RO, autor. *Tenis: potencia, velocidad y movilidad*. 1ª edición. Barcelona: INDE; 2004. 21-95.
25. Edmonds EW, Dengerink DD. Common conditions in the overhead athlete. *Am Fam Physician.* 2014;89(7):537–41.
26. Niederbracht Y, Shim AL. Concentric internal and eccentric external fatigue resistanc of the shoulder rotator muscles in female tennis players. *N Am J Sports Phys Ther.* 2008;3(2):89–94.
27. Reid M, Duf R. The development of fatigue during match-play tennis. *Br J Sports Med.* 2014;48:7–11.
28. Pau M, Ibba G, Attene G. Fatigue-Induced Balance Impairment in Young Soccer Players. *Athletic Training*2014;49(4):454–61.
29. Tripp BL, Yochem EM, Uhl TL. Recovery of upper extremity sensorimotor system acuity in baseball athletes after a throwing-fatigue protocol. *J Athl Train.* 2007;42(4):452–7.
30. Ureña A; Saenz Ferrer B; Palao Andres JM. La fatiga en voleibol. *Revista Digital Buenos Aires.* 2001; 6(30):1-5
31. Marcondes FB, de Jesus JF, Bryk FF, de Vasconcelos R, Fukuda TY. Posterior shoulder tightness and rotator cuff strength assessments in painful shoulders of amateur tennis players. *Brazilian J Phys Ther.* 2013;17(2):185–93.
32. Ben Kibler W; Sciascia A. Current concepts: scapular dyskinesis. Shoulder injuries in athletes. *Br J Sports Med.* 2010; 44:300-305.

33. Ludewig PM; Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Physical Therapy*. 2000; 80(3): 276-291.
34. Gómez M, Zissu M. Evaluación biomecánica del saque de tenis de campo ejecutado por atletas participantes en el Torneo Internacional Future. *Dir Aula Competencia Med y Ciencias Apl*. 2006; 22.
35. Kovacs M; Ellenbecker T. An 8-Stage Model for Evaluating the Tennis Serve: Implications for Performance Enhancement and Injury Prevention. *Sport Heal A Multidiscip Approach*. 2011;3(6):504–13.
36. Niederbracht Y; Shim AL; Sloniger MA; Paternostro-Bayles M; Short TH. Effects of a shoulder injury prevention strength training program on eccentric external rotator muscle strength and glenohumeral joint imbalance in female overhead activity athletes. *J Strength Cond Res*. 2008;22(1):140–5.
37. Dale RB, Kovalski JE, Ogletree T, Heitman RJ, Norrell PM. The effects of repetitive overhead throwing on shoulder rotator isokinetic work-fatigue. *N Am J Sports Phys Ther*. 2007;2(2):74–80.
38. Ellenbecker TS, Pluim B, Vivier S, Sniteman C. Common Injuries in Tennis Players: Exercises to Address Muscular Imbalances and Reduce Injury Risk. *Strength Cond J*. 2009;31(4):50–8.
39. Burnett QM; Hutchinson MR; Laprade RF; Moss R; Terpstra J. Injury surveillance at the USTA Boys' Tennis Championships: a 6-yr study. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(6):826–30.
40. Camargo PR. Eccentric training as a new approach for rotator cuff tendinopathy: Review and perspectives. *World J Orthop*. 2014;5(5):634-644.
41. Huxel Bliven KC; Anderson BE. Core Stability Training for Injury Prevention. *Sport Heal A Multidiscip Approach*. 2013;5(6):514–22.
42. Pluim BM. The evolution and impact of science in tennis: eight advances for performance and health. *Br J Sports Med*. 2014;48(1):3–5.

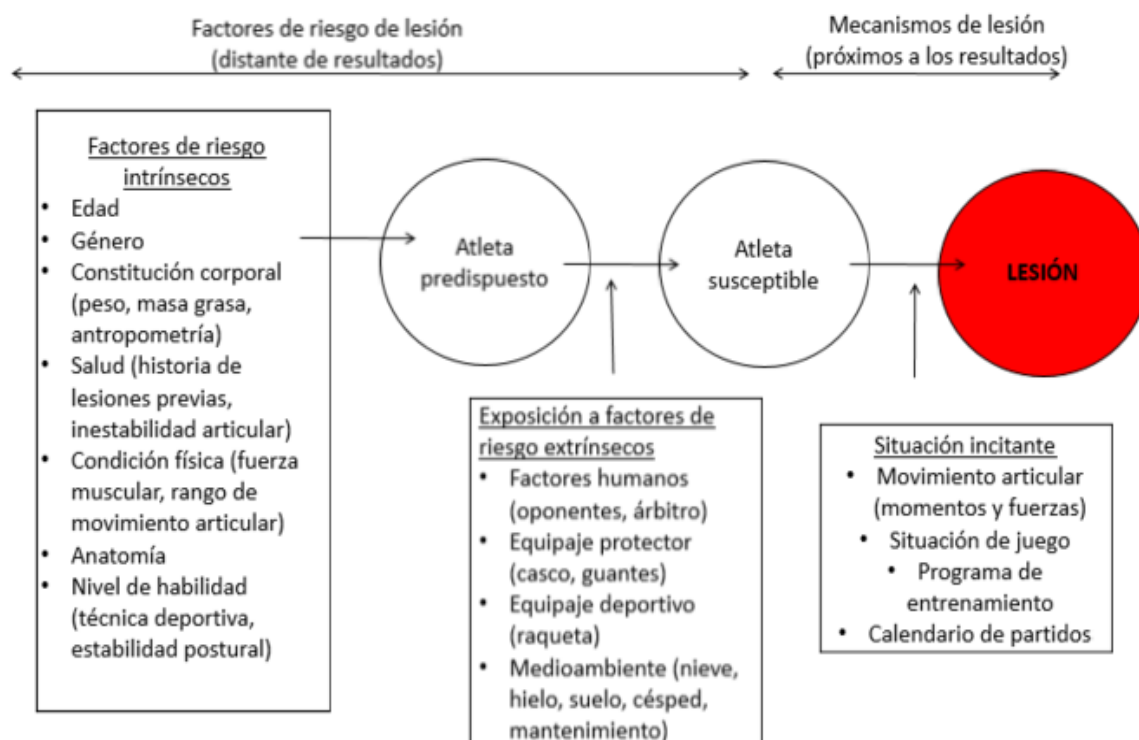
43. Anthony I. Beutler. The role of eccentric exercise in treating tendinosis. AMAA Journal Winter. 2008; 8–12.
44. Vogt M; Hoppeler HH. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. J Appl Physiol. 2014;116(11):1446–54.
45. Dimitrios S, Dimitrios S, Program P, Sciences H. World Journal of Methodology. 2015;5(2):51–4.
46. Lorenz D; Reiman M. The role and implementation of eccentric training in athletic rehabilitation: tendinopathy, hamstring strains, and acl reconstruction. Int J Sports Phys Ther. 2011;6(1):27–44.
47. Fernandez-Gonzalo R; Bresciani G; de Souza-Teixeira F; Hernandez-Murua JA; Jimenez-Jimenez R; Gonzalez-Gallego J. et al. Effects of a 4-week eccentric training program on the repeated bout effect in young active women. J Sport Sci Med. 2011;10(4):692–9.
48. Bernhardsson S; Klintberg IH; Wendt GK. Evaluation of an exercise concept focusing on eccentric strength training of the rotator cuff for patients with subacromial impingement syndrome. Clin Rehabil. 2011;25(1):69–78.
49. Jonsson P; Wahlström P; Öhberg L; Alfredson H. Eccentric training in chronic painful impingement syndrome of the shoulder: results of a pilot study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006; 14: 76-81.
50. Rubio Terrés C. Diseño estadístico de casos clínicos. Med Clin (Barc). 1996; 107:303-309.
51. Salamanca Castro, AB. El AEIOU de la investigación en enfermería. 1ª edición. Madrid: Fuden; 2006.
52. Manterola C; BustosL. Estrategias de investigación. Diseños experimentales. Ensayo clínico. Rev chilena de cirugía. 2001; 53(5): 498-503.
53. Real federación española de tenis [sede web]. Madrid. RFET. 2016 [actualizado el 30 de enero de 2016; acceso el 30 de enero de 2016]. Licencias. Disponible en: [http://www.rfet.es/es\\_licencias\\_introduccion.html](http://www.rfet.es/es_licencias_introduccion.html)

54. Federación aragonesa de tenis [sede web]. Zaragoza. FAT. 2012 [actualizado en 2016; acceso el 30 de enero de 2016]. Centros asistenciales federados. Disponible en: <http://www.aragontenis.com/la-federacion/centros-asistenciales-federados/>
55. Fistera.com [sede web]. 1996 [acceso el 30 de enero de 2016]. Determinación del tamaño muestral. Disponible en: <https://www.fistera.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>
56. Andrade MS; Vancini RL; De Lira CAB; Mascarín NC; Fachina RJ; Da Silva AC. Shoulder isokinetic profile of male handball players of the Brazilian National Team. *Brazilian J Phys Ther*. 2013; 17(6):572–8.
57. Hayes K, Walton J, Szomor Z, Murrell G. Reliability of five methods for assessing shoulder range of motion. *Aust J Physiother*. 2001; 47(4):289–94.
58. Häggglund M, Waldén M, Bahr R, Ekstrand J. Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *Br J Sports Med*. 2005; 39(6):340–6.
59. Goya B. Lesiones más frecuentes derivadas de la práctica del tenis amateur [trabajo final de grado]. Argentina: Ufastá; 2014. 1-117.
60. Page P. Shoulder muscle imbalance and subacromial impingement syndrome in overhead athletes. *Int J Sports Phys Ther*. 2011; 6(1):51–8.
61. E. Paul Roetert, Todd S; Ellenbecker; Machar Reid. Biomechanics of the Tennis Serve: Implications for Strength Training. *Strength and Conditioning Journal*. 2009; 31(4): 35-40.
62. Decker MJ, Tokish JM, Ellis HB, Torry MR, Hawkins RJ. Subscapularis muscle activity during selected rehabilitation exercises. *Am J Sports Med*. 2003; 31(1):126–34.
63. Agencia valenciana de Salud [sede web]. Hospital Universitario San Juan de Alicante: Departamento de Salud de Alicante Sant Joan; 2016 [actualizado en 2016; acceso el 13 de abril de 2016]. Comité ético de investigación clínica. Disponible en: [http://www.dep17.san.gva.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=180&Itemid=155](http://www.dep17.san.gva.es/index.php?option=com_content&view=article&id=180&Itemid=155)



## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Modelo multifactorial de la lesión deportiva



### Anexo 2. Encuesta inicial de los participantes

#### DATOS PERSONALES DE LOS PARTICIPANTES Y RECOGIDA DE DATOS

Código:

Edad:

Sexo:

Peso:

Altura:

IMC:

Brazo dominante:

Derecho

☐

Izquierdo

☐

Años de práctica deportiva:

Frecuencia de práctica semanal (expresado en horas/semana):

Lesiones previas. Subrayar la zona corporal afectada según el tipo de lesión padecida. En el apartado otros, redactar la lesión junto con la zona afectada.

- |                                  |         |           |         |        |         |         |
|----------------------------------|---------|-----------|---------|--------|---------|---------|
| • <b>Distensiones</b>            | Muñeca  | Antebrazo | Codo    | Hombro | Tronco  | Cuello  |
|                                  | Espalda | Abdomen   | Cadera  | Muslo  | Rodilla | Tobillo |
|                                  | Pie     |           |         |        |         |         |
| • <b>Esguinces</b>               | Muñeca  | Antebrazo | Codo    | Hombro | Tronco  | Cuello  |
|                                  | Espalda | Abdomen   | Cadera  | Muslo  | Rodilla | Tobillo |
|                                  | Pie     |           |         |        |         |         |
| • <b>Tendinopatías</b>           | Muñeca  | Antebrazo | Codo    | Hombro | Tronco  | Cuello  |
|                                  | Espalda | Abdomen   | Cadera  | Muslo  | Rodilla | Tobillo |
|                                  | Pie     |           |         |        |         |         |
| • <b>Contracturas musculares</b> | Muñeca  | Antebrazo | Codo    | Hombro | Tronco  |         |
|                                  | Cuello  | Espalda   | Abdomen | Cadera | Muslo   |         |
|                                  | Rodilla | Tobillo   | Pie     |        |         |         |
| • <b>Otros:</b>                  |         |           |         |        |         |         |

Criterios de inclusión:

SI

NO

Tenista federado

7

7

Adulto

7

7

Cinco años de práctica deportiva regular (Más de 5 horas/semana)

7

7

Lesión actual de extremidad superior

9

5

Criterios de exclusión:

Intervención quirúrgica de miembro superior o cervical

--	--

7

Fractura de miembro superior o cervical

7

7

## Enfermedades sistémicas y/o desórdenes metabólicos

7

7

### **Valoraciones:**

- Primera valoración:

Peak Torque:

Ratio funcional:

Rango de movimiento. Flexión\_\_\_\_\_ Extensión\_\_\_\_\_ Rot. Int\_\_\_\_\_ Rot. Ext\_\_\_\_\_

- Segunda valoración:

Peak Torque:

Ratio funcional:

Rango de movimiento. Flexión\_\_\_\_\_ Extensión\_\_\_\_\_ Rot. Int\_\_\_\_\_ Rot. Ext\_\_\_\_\_

- Tercera valoración:

Peak Torque:

Ratio funcional:

Rango de movimiento. Flexión\_\_\_\_\_ Extensión\_\_\_\_\_ Rot. Int\_\_\_\_\_ Rot. Ext\_\_\_\_\_

- Cuarta valoración:

Peak Torque:

Ratio funcional:

Rango de movimiento. Flexión\_\_\_\_\_ Extensión\_\_\_\_\_ Rot. Int\_\_\_\_\_ Rot. Ext\_\_\_\_\_

### **Incidencia de lesiones del manguito de los rotadores:**

### **Anexo 3. Consentimiento informado**

Lea con atención la siguiente información y háganos saber cualquier duda que usted crea conveniente para entender a la perfección la intervención propuesta. Para participar en el estudio le pediremos la firma del consentimiento informado

#### **¿En qué consiste el circuito de prevención de lesiones en tenis?**

La intervención del estudio consiste en una serie de ejercicios funcionales de entrenamiento basados en los factores de riesgo más frecuentes en el mundo del tenis. Se trata, por tanto, de la realización de actividad física simulando las situaciones de juego que puedan darse durante la práctica deportiva con el fin de prevenir lesiones.

#### **Actividades propuestas para la prevención:**

- a) Fortalecimiento de la musculatura glenohumeral y escapulotorácica: Se trata de trabajo con pesos o resistencias manuales tanto isométricas como concéntricas de la musculatura rotadora interna de hombro y estabilizadores de la escápula.
- b) Estabilización dinámica y control neuromuscular: Se trata de ejercicios pliométricos y estabilizaciones rítmicas en el plano de la escápula mediante co-contracciones isométricas de la musculatura anterior y posterior de hombro
- c) Estabilización del CORE: Ejercicios mediante planchas laterales, frontales y trabajo abdominal mediante pases con balón medicinal sobre un fitball.
- d) Trabajo excéntrico: Ejercicios con bandas elásticas, insistiendo en la frenada lenta a la fuerza ejercida por la goma para volver a la posición inicial.

#### **¿Qué objetivos pretende lograr esta intervención?**

Los objetivos principales que se pretenden lograr con esta intervención son la normalización de los desequilibrios musculares, la reducción de la fatiga muscular, la ampliación del rango de movimiento y la disminución de la incidencia de nuevas lesiones.

#### **¿Cuáles son las precauciones y contraindicaciones de este tipo de técnicas?**

Insuficiencias renales, hepáticas, cardíacas y pulmonares, enfermedades infecciosas, enfermedades no controladas (ej. anorexia), inflamaciones del sistema musculoesquelético en fases agudas, patologías que produzcan vértigos o mareos.

Declaración del consentimiento:

Yo,..... de.....años de edad y con el  
DNI.....

**DECLARO**

Que he sido informado por.....de los riesgos y  
beneficios de la intervención: me han explicado las diferentes posibilidades y sé que puedo revocar mi  
consentimiento en cualquier momento.

Consecuentemente, doy mi consentimiento.

....., ..... de ..... del .....

Firma del paciente	Firma del fisioterapeuta. Nombre: Núm. Colegiado.....